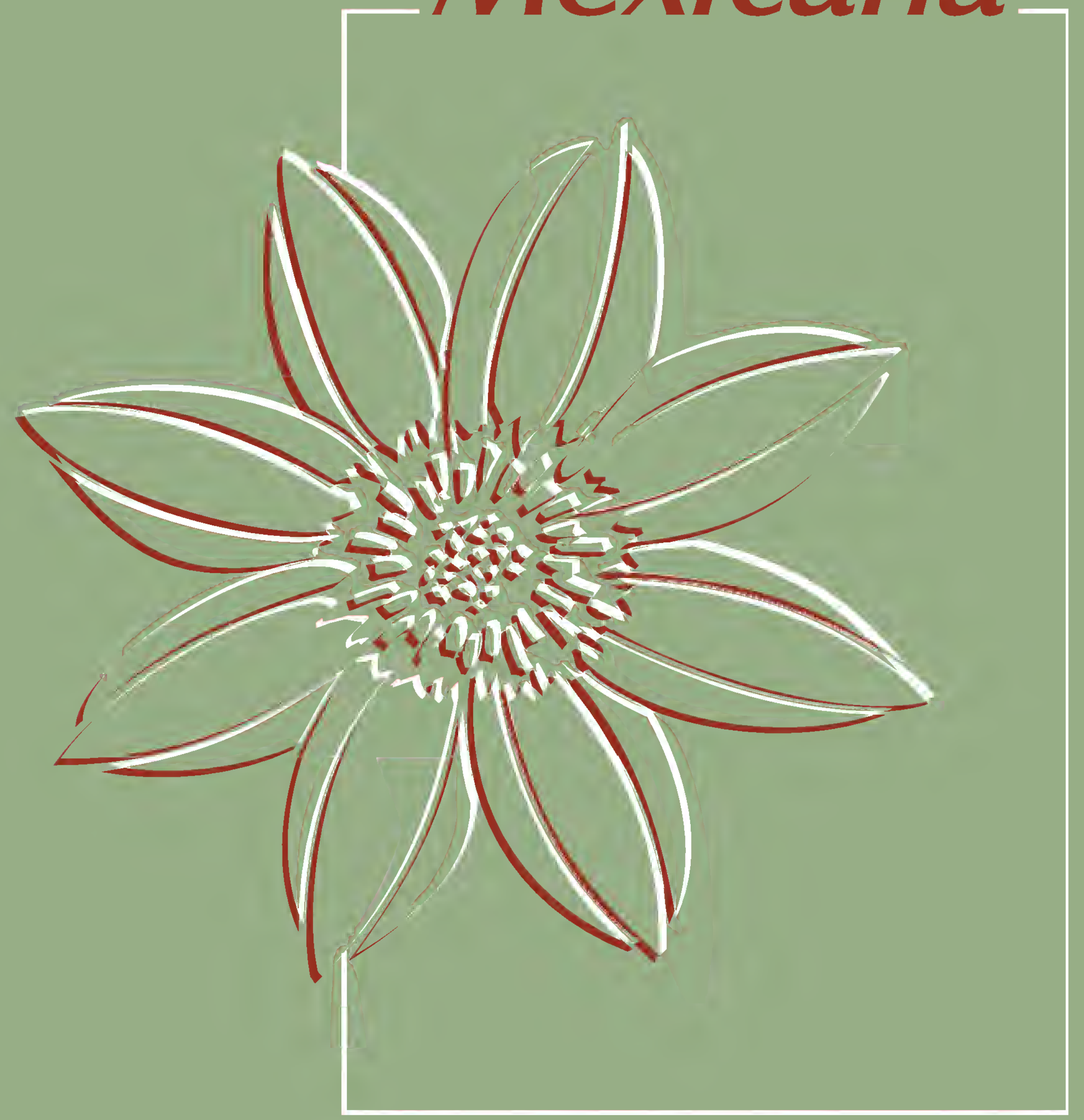
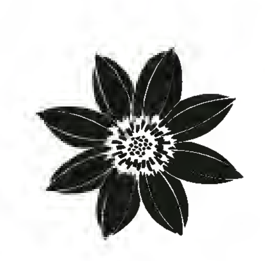
ISSN 0187-7151

Acta Botanica Mexicana



INSTITUTO DE ECOLOGIA, A.C.

Número 99
ABRIL 2012
Pátzcuaro, Mich.



Acta Botanica Mexicana

Acta Botanica Mexicana (ISSN 0187-7151) es una publicación de Instituto de Ecología, A.C. que aparece cuatro veces al año. Da a conocer trabajos originales e inéditos sobre temas botánicos y en particular los relacionados con plantas mexicanas. Todo artículo que se presente para su publicación deberá dirigirse al Comité Editorial de Acta Botanica Mexicana. Pueden reproducirse sin autorización pequeños fragmentos de texto siempre y cuando se den los créditos correspondientes. La reproducción o traducción de artículos completos requiere el permiso de la institución que edita la revista. Las normas editoriales e instrucciones para los autores pueden consultarse en la página www1.inecol.edu.mx/abm

Acta Botanica Mexicana está actualmente incluida en los siguientes índices y bases de datos de literatura científica: Biological Abstracts, BIOSIS Previews, Dialnet, Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACyT, Journal Citation Reports/Science Edition (con cálculo de factor de impacto), Latindex – Catálogo, RedALyC, SciELO, Science Citation Index Expanded y Scopus.

COMITÉ EDITORIAL

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL

Acta Botanica Mexicana 99: 1-20 (2012)

TAXONOMIC AND NOMENCLATURAL STATUS OF THE MEXICAN SPECIES IN THE *TILLANDSIA VIRIDIFLORA* COMPLEX (BROMELIACEAE)

Thorsten Krömer[1], Adolfo Espejo-Serna[2,5], Ana Rosa López-Ferrari[2], Renate Ehlers[3] & Jürgen Lautner[4†]

[1]Universidad Veracruzana, Centro de Investigaciones Tropicales, interior de la ex-hacienda Lucas Martín, privada de Araucarias s.n., colonia 21 de Marzo, 91119 Xalapa, Veracruz, México.
[2]Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Biología, Herbario Metropolitano, Apdo. postal 55-535, 09340 México, D.F., México.
[3]Herrenbergerstr 14, 70563 Stuttgart, Germany.
[4]Albrecht von Haller Institute of Plant Sciences, Untere Karspüle 2, 37073 Göttingen, Germany. [†]Died 2 October 2009.
[5]Autor para la correspondencia: aes@xanum.uam.mx

ABSTRACT

Based on a systematic study of the Mexican species in the *Tillandsia viridiflora* complex, the taxonomic and nomenclatural status of these species is clarified. The former synonym *T. macropetala* is reestablished as a species. An identification key for the complex species (*T. grandis*, *T. macropetala* and *T. viridiflora*), as well as a complete synonymy and detailed descriptions of the taxa are included.

Key words: Bromeliaceae, Mexico, taxonomy, *Tillandsia grandis*, *T. heterophylla*, *T. macropetala*, *T. viridiflora*.

RESUMEN

Con base en un estudio sistemático de las especies mexicanas del complejo *Tillandsia viridiflora*, se clarifica su situación taxonómica y nomenclatural. Se reestablece como especie a *T. macropetala*, antes considerada como sinónimo. Se incluye una clave de identificación

para los componentes del complejo (*T. viridiflora*, *T. grandis* y *T. macropetala*), así como la sinonimia completa y las descripciones detalladas de cada uno de los taxa.

Palabras clave: Bromeliaceae, México, taxonomía, *Tillandsia grandis*, *T. heterophylla*, *T. macropetala*, *T. viridiflora*.

During the course of two botanical field trips through the state of Oaxaca in the years 2005 and 2006, the late Jürgen Lautner, Renate Ehlers and collaborators collected several plants of a species of *Tillandsia* L. in the Sierra Mixe, which were provisionally identified as *T. viridiflora* (Beer) Baker. Additionally in 2006, Thorsten Krömer and Elisabeth Otto collected one specimen of the same *Tillandsia* species on the slopes of the Santa Marta volcano, located in the southeastern region of Los Tuxtlas, in the state of Veracruz. In order to confirm the identity of these plants, we studied cultivated and herbarium material, and also the related taxonomic literature. After a careful study of literature relating to these plants (Baker, 1889; Smith & Downs, 1977; Weber, 1984; Utley & Burt-Utley, 1994; Beaman & Judd, 1996), an analysis of the original descriptions and plates of the names related to *Tillandsia viridiflora* and its putative synonyms *T. macropetala* Wawra, *T. orizabenzis* Baker, *T. longiflora* Sessé & Moç. and *T. billbergiae* (Lem.) Baker (Schlechtendal, 1845; Beer, 1856; Lemaire, 1869; Morren, 1873, 1880; Wawra, 1887; Baker, 1888; Sessé & Moçiño, 1887, 1894; Mez, 1935), and study of all relevant specimens and types deposited in the main Mexican (CHAP, ENCB, FCME, IBUG, IEB, MEXU, OAX, UAMIZ, XAL) and foreign (GH, K, LL, MA, MICH, MO, OXF, P, SEL, TEX, UC, US, WU) herbaria, we come to the conclusion that the plants collected at both localities mentioned above, and also some herbarium material formerly identified as *T. viridiflora*, *T. grandis* and/or *T. heterophylla* E. Morren must be assigned to *T. macropetala*, a name previously considered by some authors as a taxonomic synonym of *T. grandis* (Mez, 1935) or *T. viridiflora* (Smith & Downs, 1977; Espejo & López-Ferrari, 1994; Espejo et al., 2004). We believe that each of these three species constitutes a phenetically distinctive entity, following a morphological-taxonomic species concept. However, besides their differences in habit and the appearance of leaves and peduncle bracts, especially obvious in living plants (Fig. 1, 2 C-D), *T. macropetala* seems most closely related to *T. viridiflora*, as both species are more similar in size and epiphytic, whereas *T. grandis* is much bigger and lithophytic (Fig. 2A; Table 1).

With the reestablishment of *Tillandsia macropetala* as a valid species, the number of taxa of the *T. viridiflora* complex present in Mexico reaches three. Addi-

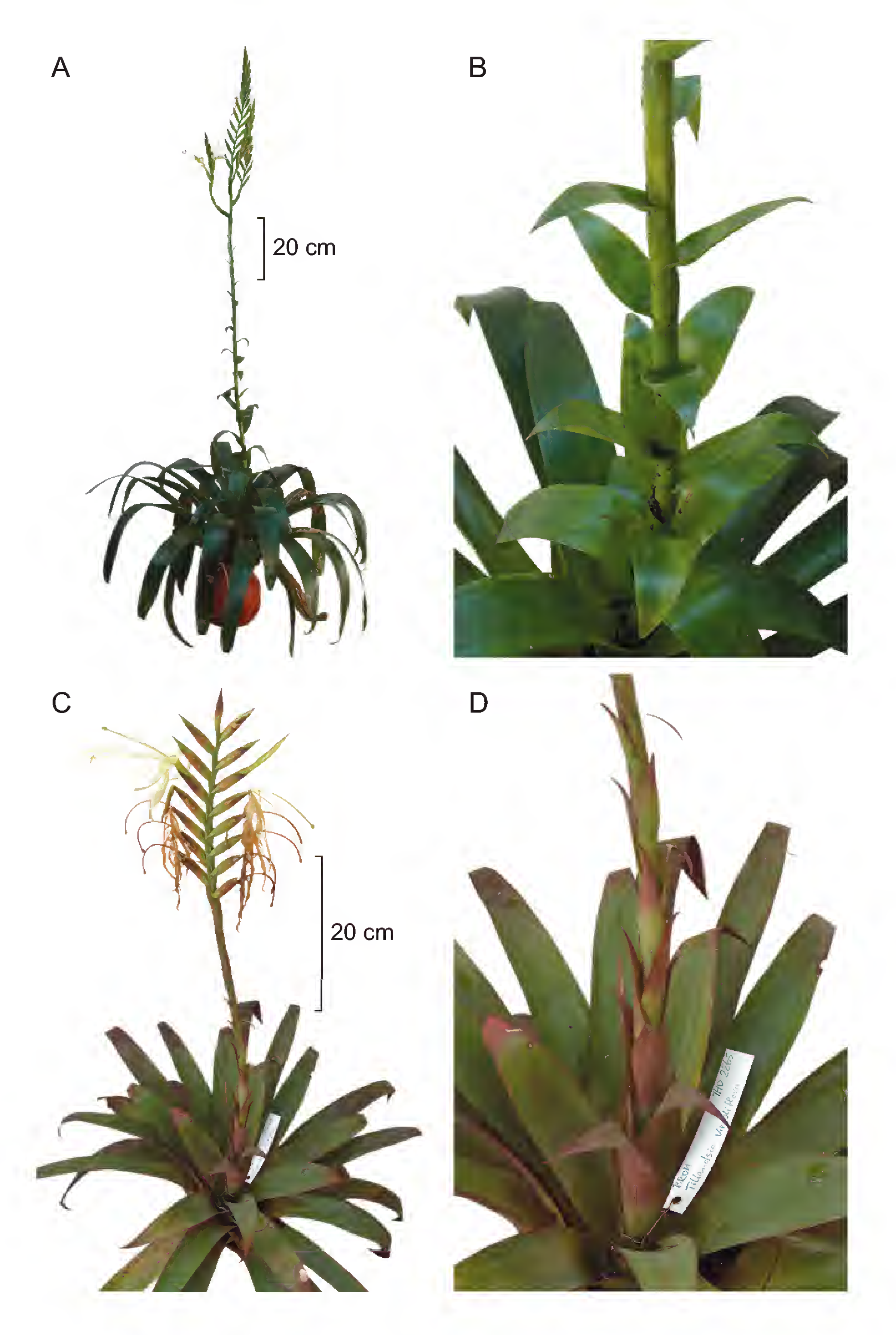


Fig. 1. A, B. *Tillandsia macropetala* (voucher T. Krömer & E. Otto 2866); C, D. *Tillandsia viridiflora* (voucher T. Krömer & E. Otto 2865) (photos by T. Krömer).



Fig. 2. A. *Tillandsia grandis*; B. *Tillandsia heterophylla*; C. *Tillandsia macropetala*; D. *Tillandsia viridiflora* (photos A, B by A. Espejo and C, D by T. Krömer).

Table 1. Comparison of selected morphological characters to distinguish the Mexican species of the *Tillandsia viridiflora* complex.

	Tillandsia grandis	*Tillandsia macropetala*	*Tillandsia viridiflora*
Plants	2-4 m high	1.3-1.75 m high	0.65-1 m high
Leaf blades	strap shaped, 60-120 cm x 8-15 cm	strap shaped, 17-45 cm x 3.5-7 cm	narrowly triangular, 25-50 cm x 3-4 cm
Inflorescence	once branched, 15-30 spikes	once branched, 3-7 spikes, rarely simple	simple
Peduncle	to 1 m long	55-83 cm long	45-50 cm long
Peduncle bracts	not imbricate, foliaceous	imbricate, foliaceous, only the distal ones vaginiform	imbricate, vaginiform, only the basal ones foliaceous
Petals	10.3-10.5 cm x 9-10 mm	10.7-12.3 cm x 14-17 mm	9 cm x 10 mm

tionally, because of its close morphological similarity, this species complex probably includes the Caribbean *T. paniculata* (L.) L. and *T. baliophylla* Harms. Following the classification of Smith & Downs (1977), all these belong to *Tillandsia* subgenus *Pseudoalcantarea* Mez. However, Beaman & Judd (1996) suggested that this subgenus is paraphyletic, and transferred *T. grandis* and *T. paniculata* to subgenus *Tillandsia*. Furthermore, Barfuss et al. (2005) in a phylogenetic analysis of subfamily Tillandsioideae suggested that *T. baliophylla* and *T. viridiflora* also do not form a clade. Therefore, although we have clarified species limits in this complex, it is clear that much more phylogenetic work is necessary before we can be confident as to their phylogenetic relationships. Below we include an identification key for the three Mexican taxa, their correct names, complete synonymy, descriptions, and a distribution map.

Key to the Mexican species of the *Tillandsia viridiflora* complex

1 Inflorescence simple; leaves narrowly triangular, 25-50 cm long; petals ca. 9 cm long; plants 0.65-1 m high .... *T. viridiflora*

1 Inflorescence once branched, very rarely simple in *T. macropetala* but then the leaves strap-shaped; plants 1.3-4 m high.

2 Plants 2-4 m high, usually lithophytic; inflorescence branches (7)15-30, with a stipe 15-36 cm long, strongly curved; leaves 60-120 cm long; peduncle bracts not imbricate; petals 10.3-10.5 cm long .... *T. grandis*

2 Plants 1.3-1.75 m high, usually epiphytic; inflorescence branches 3-7, with a stipe 5-11 cm long, straight to slightly curved; leaves 17-45 cm long; peduncle bracts imbricate; petals 10.7-12.3 cm long .... *T. macropetala*

Tillandsia grandis Schltdl., Linnaea 18: 424-426. 1845 “1844”. TYPE: Veracruz, in praeruptis, hacienda de la Laguna, Aug. fruct., VIII.1829, *C. Schiede s.n.* (Lectotype [W. Weber, 1984] B photo!; Isolectotypes: B photo!, BM, HAL 45629 photo!, LE, OXF). Fig. 2 A.

Rosulate stemless lithophytic or very rarely epiphytic herbs, flowering 2-4 m tall, with solitary tank rosettes to 1.7 m in diameter. Leaves numerous; sheaths brown to light brown on the adaxial surface, dark brown on the abaxial surface, widely elliptic to widely ovate, 10-25 cm long, 10-16 cm wide, densely brown punctulate-lepidote on both surfaces; blades green, paler beneath, strap-shaped, 60-120 cm long, 8-15 cm wide at the base, punctulate-lepidote on both surfaces, acuminate, erect to ascending. Inflorescence terminal, erect, compound, once branched, with 15 to 30 spikes, peduncle terete, to 1 m long, 2.5-3 cm in diameter, partially covered by the bract sheaths; peduncle bracts not imbricate, green, foliaceous, similar to the basal leaves; sheaths 5-6 cm long, blades 5-7 cm long; spikes compressed, oblong, 14-25 cm long, 5-7 cm wide, long stipitate, stipes strongly curved, 15-36 cm long, 8-10 mm in diameter, bracteate, slightly compressed; primary bracts vaginiform, ovate-triangular, 5.5-7 cm long, 4.5-5 cm wide, acuminate; floral bracts dark green, widely elliptic, 3.5-4 cm long, 1.6-2 cm wide, imbricate but the rachis visible after anthesis, nervate, ecarinate, glabrous outside, brown punctulate-lepidote inside, margin erose, apex obtuse to rounded; flowers distichous, erect, 15-20 per spike, actinomorphic, corolla helicoiform, subsessile, pedicels strong, to 1 mm long; sepals free, green, ovate to triangular, 3.4-4 cm long, 1.4-1.6 cm wide, ecarinate, glabrous outside, brown-punctulate lepidote inside, margin erose, apex rounded to acute; petals light green with brown-purple dots, oblong, strap shaped, twisted, 10.3-10.5 cm long, 9-10 mm wide, rounded at the apex; stamens subequal, filaments free, light green to white, filiform, 10-11 cm long, anthers green to green-whithish, linear, curved, 9-12 mm long; ovary green, ovoid, 9-11 mm long, ca. 6 mm in diameter, style green, filiform, 10-11 cm long, stigma green. Capsule green, fusiform, rostrate, 4-6.5 cm long, 6-7 mm in diameter; seeds dark brown, fusiform, ca. 5 mm long, with a white coma ca. 4 cm long.

Specimens examined: Mexico, **Guanajuato**, municipio de Atarjea, arroyo del río Blanco, 1300 m, 7.III.1991, *E. Ventura & E. López 9153* (IEB, MEXU, XAL). **Hidalgo**, municipio de Zimapán, 10 km al NW de Zimapán, 1000 m, 30.IV.1965, *L. González Q. 2376* (ENCB, MICH); municipio de Zimapán, aproximadamente 800 m al sur de las Adjuntas, 16.I.1991, *V. M. Huerta 1176* (IEB); municipio de Zimapán, barranca de Tolimán, 1520 m, 4.V.1954, *E. Matuda 32204* (MEXU, US); municipio de Zimapán, between Zimapán and barranca de Tolimán, on road to mine Loma del Toro, 1200 m, 25.IV.1947, *H. E. Moore jr. 2602* (GH, UC, US). **Oaxaca**, municipio de Huautla de Jiménez, cerca de cascada de Chochotla, Huautla, 1700 m, 7.IV.1974, *E. Matuda 38623* (LL, MEXU); municipio de Huautla de Jiménez, aproximadamente 1.5 km de Aguacatitla, por la terracería a Santa Cruz de Juárez, 1589 m, 12.V.2001, *X. Munn & T. Kasey 1182* (MEXU); municipio de San Juan Bautista Cuicatlán, a 33 km al SE de Cuicatlán, camino a Oaxaca, 1524 m, 8.I.2001, *E. Martínez & V. Torres 33479* (MEXU); municipio de San Juan Bautista Cuicatlán, Santa María Almoloyas - Santa Catarina Tlaxila, 1600 m, 10.XII.1991, *A. Salinas et al. 6671* (MEXU); municipio de Santiago Nacaltepec, a 49 km al NE de San Francisco Telixtlahuaca, camino a Santiago Dominguillo, 6.II.1966, *C. Delgadillo 217* (MEXU, MO, XAL); municipio de Santiago Nacaltepec, El Mirador, headwaters of río Quiotepec, between Santiago Nacaltepec and Santiago Dominguillo, 6.II.1966, *W. R. Ernst 2487* (MEXU, US); municipio de Tepelmeme Villa de Morelos, cerro paraje Ladrón (subiendo por Pasto Chino y barranca Copalillo), 1750 m, 14.IX.1994, *A. Salinas & E. L. Cruz 7836* (MEXU). **Puebla**, municipio de Caltepec, mogote León, lado NE del cerro Grande, 2000 m, 10.II.1984, *P. Tenorio 5434* (MEXU, OAX, TEX); municipio de San José Miahuatlán, Agua los Granados, ca. 20 km al W de San José Axusco, 1100 m, 24.IX.1990, *A. Salinas et al. 5793* (MEXU); municipio de Tehuacán, near Tehuacán, 840 m, 30.VIII.1905, *J. N. Rose et al. 10124* (US). **Querétaro**, municipio de Landa de Matamoros, Tangojó, a la orilla del río Moctezuma, 400 m, 15.IV.1988, *S. Zamudio 6318* (IEB, MEXU, MICH, MO, UAMIZ); municipio de San Joaquín, cañada La Culebra, 1 km al NE de la Tinaja, 1600 m, 27.VIII.1978, *S. Zamudio 3234* (IEB). **Veracruz**, municipio de Coatepec, cerro de Achichuca, entre Tuzamapan y Jalcomulco, 900 m, 21.III.1979, *G. Castillo & R. Ortega 489* (ENCB, XAL); municipio de Fortín, Fortín de las Flores (cultivated at posada Loma), 850 m, 20.VII.1967, *L. I. Nevling & A. Gómez-Pompa 197* (MEXU); municipio de Fortín, between Fortín de las Flores and Orizaba, above the Moctezuma brewery hydroelectric plant, 11.VII.1982, *J. Utley & K. Burt-Utley 7052* (MEXU); municipio de Nogales, cerros calizos al sur y suroeste de Orizaba, 1200 m, *R. Hernández & R. Dirzo 2087* (ENCB, MEXU); municipio de Nogales,1-2 km después de Nogales, sobre la carretera de

cuota Orizaba - Puebla, 1350 m, 23.III.1997, *A. R. López-Ferrari et al. 2446* (IEB, MEXU, UAMIZ, XAL); municipio de Nogales, a 2 km al E de Nogales, autopista a Córdoba, 900 m, 28.IV.1988, *E. Martínez & C. Ramos 22647* (CHAP, IEB, MEXU, MO); municipio de Orizaba, near Orizaba, 1938, *M. B. Foster VI* (GH); municipio de Orizaba, cerro de San Miguel, Orizaba, 1200 m, 9.III.1971, *R. Hernández & R. Cedillo 1136* (GH, MEXU); municipio de Orizaba, límite N de la ciudad de Orizaba, cerro de calizas junto a Tugrablok S. A., 1300-1500 m, 25.III.1986, *D. Lorence 5000* (MEXU); municipio de Puente Nacional, barranca de Panoaya, 790 m, 25.IV.2004, *A. R. López-Ferrari et al. 3118* (IEB, UAMIZ); municipio de Puente Nacional, barranca situada 2 km al SE de Palmillas, 550 m, 22.V.1985, *M. E. Medina & S. A. Contreras 104* (ENCB, MEXU, XAL); municipio de Totutla, barranca de Tlalpalan, 1100 m, I.1982, *M. Cházaro & T. Mejía 2067* (MEXU, XAL).

Tillandsia macropetala Wawra, Wiener Ill. Gart.-Zeitung 12: 241-244, Fig. 50. 1887. TYPE: *E. Morren in Liège hortus s.n.* (not located). Lectotype, here designated: Figure 50 in Wiener Illustrierte Garten-Zeitung 12. 1887 (Fig. 3). Epitype, here designated: municipio de Soteapan, faldas del volcán Santa Marta, 18°19' N, 94°50' W, 1300 m, 19.VIII.2006, *T. Krömer & E. Otto 2866* (MEXU, SEL, UAMIZ, XAL). Figs. 1A-B, 2 C.

Rosulate stemless epiphytic or very rarely lithophytic herbs, flowering 1.3-1.75 m tall, with solitary tank rosettes to 1.2 m in diameter. Leaves numerous; sheaths brown to light brown on both surfaces, widely elliptic, 13-15 cm long, 8-8.5 cm wide, densely brown punctulate-lepidote on both surfaces; blades green, paler beneath, strap shaped, 17-45 cm long, 3.5-7 cm wide at the base, punctulate-lepidote on both surfaces, acuminate, erect to ascending. Inflorescence terminal, erect, compound, once branched, with 3 to 7 spikes, very rarely simple, peduncle terete, 55-83 cm long, 5-8 mm in diameter; peduncle bracts imbricate, green, foliaceous only the distal vaginiform ones; sheaths 3.5-4.2 cm long, blades 7-14 cm long; spikes compressed, oblong, 9-23.5 cm long, 3-6 cm wide, stipitate, stipes straight to slightly curved, 5-11 cm long, 3.5-5 cm in diameter; primary bracts vaginiform, ovate-triangular, 5.5-7 cm long, 4.5-5.3 cm wide, acuminate; floral bracts green, glaucous, widely elliptic, 3.3-4.3 cm long, 1.4-2.4 cm wide, imbricate but the rachis visible after anthesis, nervate, ecarinate, glabrous outside, brown punctulate-lepidote inside, margin erose, apex rounded to acute; flowers distichous, erect, (5)15-20 per spike, actinomorphic, corolla helicoiform, subsessile; sepals free, green, oblong, 3-3.4 cm long, 1.3-1.5 cm wide, nervate, ecarinate, glabrous outside, brown-punctulate lepidote inside, margin



Fig. 3. Lectotype of *Tillandsia macropetala*. Figure 50 in Wiener Illustrierte Garten-Zeitung 12. 1887.

erose, apex rounded to acute; petals light green, strap shaped, twisted, 10.7-12.3 cm long, 14-17 mm wide, rounded at the apex; stamens subequal, filaments free, light green to white, filiform, 10.4-11.7 cm long, anthers green to green-whitish, linear, curved, 7.5-8 mm long; ovary green, ovoid, 9-12 mm long, ca. 6 mm in diameter, style green, filiform, 10.7-11.4 cm long, stigma green. Capsule green, fusiform, rostrate, 5.3-6 cm long, ca. 1 cm in diameter; seeds dark brown, fusiform, ca. 4.5 mm long, with a white coma ca. 3 cm long.

Specimens examined: Mexico, **Chiapas**, municipio de Cintalapa, southeast of Cerro Baúl on the border with state of Oaxaca, 16 km northwest of Rizo de Oro, along a logging road to colonia Figueroa, 1600 m, 21.IV.1972, *D. E. Breedlove 24770* (ENCB, MEXU); municipio de Cintalapa, cerro Baúl, 1600 m, 2.V.1999, *M. A. Pérez Farrera 1954* (UAMIZ); municipio de Tenejapa, near paraje Yashanal, 2460 m, 28.I.1981, *D. E. Breedlove 49664* (MEXU): municipio de Villaflores, on the southeast side of cerro Tres Picos and the ridges near summit, 2100-2500 m, 28.III.1973, *D. E. Breedlove 34445* (ENCB, MEXU, MICH, MO, TEX); municipio de Villaflores, zona núcleo Tres Picos, 1350 m, 21.III.2004, *A. Reyes et al. 6495* (UAMIZ). **Oaxaca**, municipio de Guevea de Humboldt, recorrido hacia el cerro de la Peña Blanca, al SW de la Cumbre, la cual está a 13.5 km al N de Guevea de Humboldt, 1300 m, 30.III.1991, *A. Campos & R. Torres 3614* (CHAP, IEB, MEXU); municipio de Guevea de Humboldt, sierra Mixe, between Santa María Guienagati and Santiago Lachiguirí, 1500-1550 m, 20.II.2005, *J. Lautner et al. EM051104* (MEXU, SEL, WU); ibíd., 1500-1550 m, 9.II.2006, *J. Lautner et al. EM060602* (UAMIZ); municipio de Guevea de Humboldt, camino a Peña Blanca, entrando por la Cumbre, la cual está a 11 km al N de Guevea de Humboldt, 1230 m, 30.III.1994, *R. Torres & L. Cortés 14360* (GH, IEB, MEXU); municipio de Ixtlán de Juárez, 39 km al S de Valle Nacional, sobre la carretera a Oaxaca, 1800 m, 26.VI.1975, *J. Rzedowski 33348* (ENCB); municipio de Ixtlán de Juárez, 39 km al S de Valle Nacional, sobre la carretera a Oaxaca, 1800 m, 27.XII.1975, *J. Rzedowski 33826* (ENCB); municipio de Ixtlán de Juárez, 10 km al S de Esperanza, carretera Valle Nacional - Oaxaca, 2260 m, 7.VIII.2002, *J. Santana & L. Pacheco 907A* (UAMIZ); municipio de San Andrés Yaá, a 7 km de la desviación a San Andrés Yaá, al S de Villa Alta, camino a Oaxaca, 2030 m, 16.III.1982, *R. Cedillo & R. Torres 1201* (ENCB, MEXU, MO); municipio de San Felipe Usila, 5.6 km en línea recta al S (172°) de Santa Cruz Tepetotula, 1970 m, 25.II.1994, *C. Gallardo et al. 919* (MEXU); municipio de San Felipe Usila, vereda Monte Pan hacia el campamento del tramo de la carretera, 1650 m, 12.XI.2007, *G. Ibarra et al. 3965* (MEXU); municipio de San Felipe Usila, 5.6 km

en línea recta al S (172°) de Santa Cruz Tepetotutla, 2000 m, 22.XII.1993, *A. Rincón et al. 242* (MEXU); municipio de San Juan Juquila Vijanos, 700 m del entronque Talea - Juquila, sobre la terracería Maravillas - Talea, 1930-1975 m, 7.III.1977, *X. Munn et al. 275* (MEXU); municipio de San Miguel Chimalapa, arroyo Rana, Cerro Azul, 16.III.1948, *T. MacDougall s.n.* (GH, US); municipio de San Pedro Yólox, 11.5 km después de la Esperanza, rumbo a Ixtlán, carretera Oaxaca - Tuxtepec, 2068 m, 20.XI.2003, *A. Espejo et al. 6700* (UAMIZ); municipio de Santiago Comaltepec, 5 km al W de la Esperanza, carretera Tuxtepec - Oaxaca, 2000 m, 22.XII.1993, *R. Torres & E. Martínez 11331* (MEXU); municipio de Santiago Comaltepec, 5 km al W de la Esperanza, carretera Tuxtepec - Oaxaca, 1760 m, 26.I.1988, *R. Torres & E. Martínez 11344* (MEXU); municipio de Santiago Comaltepec, 5.7 miles S of Vista Hermosa or 24 miles S of Valle Nacional along hwy 175, 6.VIII.1981, *J. Utley & K. Burt-Utley 6728* (MEXU); municipio de Santiago Comaltepec, Vista Hermosa, 20 miles SW of Valle Nacional, NE Oaxaca (Chinantecas Mountains), 1220 m, *O. C. van Hyning 5959* (US); municipio de Totontepec Villa de Morelos, rumbo Villa Alta, 16 km al W de Totontepec, 1860 m, 14.IX.1986, *E. Ramírez & P. Ramírez 552* (IBUG, IEB, MEXU). **Puebla**, municipio de Ahuacatlán, desviación a Amixtlán 3.6 km al S de Ahuacatlán, 1150 m, 14.IV.1985, *P. Tenorio et al. 8774* (MEXU); municipio de Ahuacatlán, Agua Dulce, 4 km al SE de Ahuacatlán, brecha a Zapotitlán, 1180 m, 17.V.1987, *G. Toriz et al. 414* (MEXU); municipio de Teziutlán, Agua de Obispo, 1450 m, 9.V.1970, *F. Ventura 1061* (ENCB, IEB, MEXU); municipio de Xicotepec, 3 km al W de Xicotepec de Juárez (Villa de Juárez), 1100 m, 26.III.1968, *L. Gutiérrez 168* (ENCB); municipio de Xicotepec, cerca Villa Juárez, al NW, 8.IV.1944, *F. Miranda 3205* (MEXU); municipio de Zacapoaxtla, Apulco, cerca de Zacapoaxtla, 1300 m, 10.III.1973, *W. Boege 2744* (MEXU); municipio de Zacapoaxtla, cascada de la Gloria, cerca de Apulco, 850 m, 1400 m, 12.IV.1974, *J. Rzedowski 31850* (ENCB). **Veracruz**, municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, cerro de la Cima, entre la Sombra y Tierra Blanca, 1700 m, 10.IV.1981, *G. Castillo & F. Vázquez 1598* (XAL); municipio de Atzalan, Alseseca, 6.XII.1969, *F. Ventura 187* (ENCB); municipio de Chiconquiaco, los Baúles, al E de parada Paredes, 1650 m, 9.III.1988, *C. Gutiérrez 3066* (XAL); municipio de Coatepec, Cinco Palos, 3 km al NW, 1700 m, 21.XI.1993, *V. E. Luna et al. 721* (XAL); municipio de Coatepec, Loma Alta, 4 km al E de Cinco Palos, 1900 m, 13.III.1994, *V. E. Luna et al. 1423* (XAL); municipio de Coatepec, near Coatepec, 11.IV.1957, *M. B. Foster & O. C. van Hyning 3002* (US); municipio de Huatusco, 50 m al este de Dos Puentes, carretera Huatusco - Totutla, 1300 m, 29.VIII.1979, *S. Avendaño & G. Castillo 486* (XAL); municipio de Jilotepec, Jilotepec, on moist cliffs, 500 ft, 30.III.1959, *O. C. van Hyning 598* (US); municipio

de Juchique de Ferrer, cerro de Villa Rica, cerca de la hacienda de la Flor, 1280 m, *G. Castillo et al. 1779* (XAL); municipio de Orizaba, Orizaba, *M. Botteri 65* (GH); municipio de Orizaba, Orizaba, 2550-3000 ft, V.1961, *F. Kubisch 14* (US); municipio de Perote, barranca de Patula (cerca de Perote) [barranca de las Minas, Perote], 1400 m, 5.VII.1976, *E. Matuda 38720* (CHAP, ENCB, MEXU, MO, XAL); municipio de Perote, barranca de planta mina, Perote, 1400 m, 5.VII.1976, *E. Matuda et al. 38734* (MEXU); municipio de Soteapan, cerro Platanillo, ejido de Santa Marta, sierra de Santa Marta, 1500 m, 21.XII.1978, *I. Calzada 5094* (XAL); municipio de Soteapan, volcán de Santa Marta, 1720 m, 20.XII.1978, *R. V. Ortega 1121* (XAL); municipio de Tatahuicapan de Juárez, faldas del volcán Santa Marta, 1300 m, 19.VIII.2006, *T. Krömer & E. Otto 2866* (MEXU, SEL, UAMIZ, XAL); municipio de Tatahuicapan de Juárez, faldas del volcán Santa Marta, 1450 m, 28.VIII.2008, *T. Krömer et al. 3713* (CITRO, MEXU); municipio de Tlalnelhuayocan, entre Los Capulines y Rancho Viejo, 1500 m, 24.XI.1990, *P. Zamora 2796* (XAL); municipio de Xalapa, Sedeño - Rancho Servín, 6.VI.1993, *G. Carmona 50* (XAL); municipio de Yecuatla, Los Capulines, near Paz de Enríquez, ca. 8 km (by air) N of Chiconquiaco, 1400 m, 13.I.1984, *K. Taylor et al. 139* (XAL); municipio de Yecuatla, 6 km al NW de Santa Rita, 22.II.1975, *M. Vázquez V-1878* (ENCB, MEXU); municipio de Yecuatla, el Haya, 1300 m, 11.II.1971, *F. Ventura 3095* (ENCB, MICH).

Smith & Downs (1977) cited *Vriesea macropetala* hort. (Rev. Hort. 69: 336. 1897) as synonym of *Tillandsia viridiflora*. However, this name is only mentioned in a publication of the Société National d´Horticulture de France without any description or mention of a basionym. Probably, Smith & Downs (1977) supposed that the name could be a transfer from *Tillandsia macropetala* Wawra, because of the same epithet, although we think that there is no clear evidence and it might be a *nomen nudum*.

Tillandsia viridiflora (Beer) Baker, J. Bot. 26: 81. 1888. *Platystachys viridiflora* Beer, Fam. Bromel. 81. 1856 "1857". TYPE: Mexico, "diese Pflanze wurde in der Gärtnerei des Grafen Attems zu Graz aus Samen gezogen, welchen Herr *C. Heller* aus Mexico sendete. Sie blühte das erste Mal im November 1854 und ist jetzt in meinem Besitze" (not located). Figs. 1 C-D, 2 D.

Tillandsia orizabensis Baker, J. Bot. 26: 105. 1888. TYPE: Veracruz, Orizaba, region d'Orizaba au Borrego, *E. Bourgeau 3055* (Lectotype (Smith & Downs, 1977): K!; Isolectotypes: P!, P!); without precise locality, *L. Hahn s.n.* (Syntype: K!).

Tillandsia longiflora Sessé & Moç., Fl. mexic. 88-89. 1894 “1887”; Fl. mexic. ed. 2: 81. 1894. TYPE: Hidalgo, habitat supra arbores montium Huehuetlae. Floret Octobri. Totonaci Tacongxnexanat adpellant, *M. Sessé* & *J. Moçiño s n.* [*No. Cuatrecasas 5459*; *196-PB*] (Holotype: MA 600161!, MA 606715!) (Blanco Fernández de Caleya et al., 2010; Stafleu & Cowan, 1985).

Rosulate stemless epiphytic herbs, flowering 0.65-1 m tall, with solitary tank rosettes to 40 cm in diameter. Leaves numerous; sheaths brown to light brown, elliptic to oblong, 10-14 cm long, 5.5-6.5 cm wide, densely but inconspicuosly punctulate-lepidote on both surfaces; blades green, slightly glaucous, paler beneath, narrowly triangular, 25-50 cm long, 3-4 cm wide at the base, glabrous on the adaxial surface, sparsely punctulate-lepidote on the abaxial surface, acuminate, erect to ascending. Inflorescence terminal, erect, simple, peduncle terete, 45-50 cm long, 5-7 mm in diameter, totally covered by the bract sheaths; basal peduncle bracts green to reddish, imbricate, vaginiform, only the basal ones foliaceous; sheaths 3.5-4.5 cm long, blades 1-30 cm long; spike compressed, oblong to lanceolate, 17-30 cm long, 6-7 cm wide; floral bracts dark green, glaucous, widely elliptic, 3.2-4 cm long, 2-2.4 cm wide, imbricate but the rachis visible after anthesis, smooth to nervate, ecarinate, glabrous outside, sparsely brown punctulate-lepidote inside, apex rounded; flowers distichous, ascendent, 13-22 per spike, actinomorphic, corolla helicoiform, subsessile; sepals free, green, oblanceolate, 3-3.4 cm long, ca. 1 cm wide, nervate, ecarinate, glabrous outside, sparsely brown-punctulate lepidote inside, margin hyaline and erose, apex acute; petals light green, narrowly oblong, strap shaped, twisted, ca. 9 cm long, ca. 1 cm wide, rounded to acute at the apex; stamens subequal, longer than petals, filaments free, light green to white, filiform, 10-10.5 cm long, anthers green to green-whithish, linear, curved, 9-11 mm long; ovary green, ovoid, ca. 14 mm long, ca. 5 mm in diameter, style green, filiform, 10-11 cm long, stigma green. Capsule green, fusiform, rostrate, 5.7-6 cm long, ca. 9 mm in diameter; seeds dark brown, fusiform, ca. 4 mm long, with a white coma 2.2-2.8 cm long.

Specimens examined: Mexico, **Chiapas**, municipio de Berriozábal, 13 km north of Berriozábal, near pozo Turipache and finca el Suspiro, 900 m, 12.I.1973, *D. E. Breedlove* & *A. R. Smith 31519* (ENCB); municipio de Berriozábal, Berriozábal - las Vistas, 15.X.1950, *F. Miranda 6708* (MEXU); municipio de La Trinitaria, 15 km east northeast of Dos Lagos above Santa Elena, 1000 m, 29.XII.1981, *D. E. Breedlove 56607* (MEXU); municipio de La Trinitaria, 15 km east northeast of Dos

Lagos above Santa Elena, 1170 m, 19.I.1982, *D. E. Breedlove & F. Almeda 57551* (MEXU); municipio de La Triniatria, 13 km al E de Tziscao, 1000 m, 9.VIII.1985, *T. Chehaibar et al. 202* (UAMIZ); municipio de Ocosingo, en la comunidad lacandona de Nahá, 27 km al sureste de Palenque, por la carretera fronteriza al crucero Chancalá, después 55.6 km por el camino de terracería hacia Monte Líbano, 950 m, 20.XII.1993, *A. Durán & S. Levy 55* (MEXU); municipio de Ocosingo, en laguna Ocotalito, a 12 km al N de Monte Líbano, camino a Chancalá, 980 m, 2.II.1986, *E. Martínez 17008* (MEXU); municipio de Ocosingo, laguna Ocotalito, 12 km al N de Monte Líbano, camino a Najá, 950 m, 12.IV.1986, *E. Martínez & A. García-Mendoza 17980* (MEXU, MO); municipio de Ocosingo, a 10 km al NE de Monte Líbano, camino a Chancalá, 980 m, 17.VI.1986, *E. Martínez & M. A. Soto 18835* (MEXU); municipio de Ocosingo, en laguna Ocotalito a 12 km al N de Monte Líbano, camino a Najá, 950 m, 23.V.1987, *E. Martínez M-21248* (MEXU); municipio de Ocosingo, alrededor del ex poblado del Chamizal, 830 m, 3.XII.1976, *P. Valdivia 2422* (XAL); municipio de Oxchuc, la Cascada, el río Corralito, 1250 m, 10.IV.1983, *A. Méndez Ton (Shilom Ton) 5820* (IEB, MEXU); municipio de Yajalón, arroyo de Grava, 800 m, 16.III.1983, *A. Méndez Ton (Shilom Ton) 5684* (MEXU); without precise locality, VI.1981, *R. W. Read & P. E. Desautles 84-103* (US). **Hidalgo**, municipio de Chapulhuacán, 3 km al N de Chapulhuacán, 850 m, 15.III.1960, *J. Rzedowski 12322* (ENCB); municipio de Huehuetla, Huehuetla, X, *M. Sessé & J. Mociño s.n.* (MA); municipio de Lolotla, a 1.55 km al S de Chalma, 1230 m, 27.X.2001, *A. Ponce 230* (FCME). **Oaxaca**, municipio de San Lucas Zoquiapam, Cerro del Fraile, near Huautla de Jiménez, 1830 m, 2.VIII.1938, *R. E. Schultes & B. P. Reko 410* (GH); municipio de San Pedro Teutila, el Faro, paraje torre 130 de la L. T. Temascal II - Oaxaca Potencia, 1263 m, 20.I. 2005, *G. Juárez & C. A. Cruz 1111* (MEXU); municipio de San Pedro Teutila, el Faro, paraje torre 125 de la L. T. Temascal II Oaxaca Potencia, 670 m, 19.I.2005 *C. A. Cruz & G. Juárez 2481* (MEXU); municipio de Santiago Lachiguiri, recorrido de crucero Guadalupe a las cuevas, 12.5 km al NE de Santiago Lachiguiri, 1200 m, 10.V.1991, *A. Campos & R. Torres 3679* (MEXU). **Puebla**, municipio de Xicotepec, Villa Juárez, 1200 m, 3.VII.1969, *C. Beutelspacher s.n.* (MEXU); municipio de Xicotepec, Loma Linda, 6 km al SE de Xicotepec, carretera a la Unión, 1130 m, 11.VI.1985, *P. Tenorio & C. Romero de T. 8963* (ENCB, MEXU); municipio de Xicotepec, 5 km al NE de Xicotepec, carretera a La Ceiba, 1200 m, 24.II.1987, *P. Tenorio et al. 12603* (MEXU); municipio de Xicotepec, 5 km al NE de Xicotepec, carretera a La Ceiba, 1200 m, 24.II.1987, *G. Toriz et al. 288* (MEXU); municipio de Zongozotla, Zongozotla, 0.5 km camino a Huitzila, 840 m, 4.IX.1985, *J. L. Martínez & F. Vázquez 735* (XAL).

Querétaro, municipio de Jalpan de Serra, 1-1.5 km al E de El Saucito, 1070 m, 7.XII.1989, *E. Carranza 2249* (IEB); municipio de Jalpan de Serra, 2-3 km al N de La Parada (Valle Verde), 1150-1200 m, 31.X.1990, *B. Servín 639* (IEB); municipio de Landa de Matamoros, km 6 de la brecha de Agua Zarca a Neblinas, 850-1100 m, 24.VIII.1988, *S. Zamudio 6716* (IEB); municipio de Pinal de Amoles, ca. 4 km al SE de Santa Águeda, 1190 m, 18.IV.1989, *E. Carranza 1640* (IEB). **San Luis Potosí**, municipio de Rayón, Las Canoas, 17.X.1891, *C. G. Pringle 5100* (GH); municipio de Tamazunchale, cerro de San Francisco, Tamazunchale, 1020 m, *P. Maury 6258* (GH). **Tamaulipas**, municipio de Gómez Farías, reserva de la biosfera Rancho del Cielo, in the vicinity of the station, 1170 m, 2.V.1995, *P. Hietz 107* (XAL). **Veracruz**, municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Rancho Nuevo, al W de Plan de las Hayas, 1300 m, 6.IV.1981, *G. Castillo & F. Vázquez 1291* (XAL); municipio de Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, la Piedra Cuata, entre Plan de las Hayas y Rancho Nuevo, 1400 m, 7.IV.1981, *G. Castillo & F. Vázquez 1352* (XAL); municipio de Atoyac, montagnes d'Atoyac, XI.1903, *A. Dugès 20* (GH); municipio de Atoyac, mountains of Atoyac, X.1899, *A. Dugès s.n.* (US); municipio de Atzalan, Comunidad Cruz Gorda, congregación San Salvador, 990 m, 17.VI.2008, *T. Krömer et al. 3320* (CITRO, MEXU, XAL, XALU); municipio de Chiconquiaco, Santa Rita Chiconquiaco, 1500 m, 28.II.1975, *V. Sosa 88* (XAL); municipio de Córdova, Vallèe de Cordoba, 18.XII.1865, *E. Bourgeau s.n.* (P); municipio de Huatusco, puente antiguo, ca. 5.6 km antes de llegar a Huatusco, viniendo de Totutla, 1290 m, 20.VII. 2007, *A. Espejo et al. 7054* (UAMIZ); municipio de Jilotepec, El Esquilón, cerro del Cuajilote, 26.XII.1978, *G. Castillo 411* (XAL); municipio de Jilotepec, 2.5 km NE of Jilotepec, along road to Naolinco, 1350 m, 10.VII.1982, *G. Diggs & M. Nee 2776* (GH, MO, XAL); municipio de Mecayapan, Santa Marta, al N de Ocotal, 1450 m, 17.VIII.1980, *F. Ramírez 1186* (XAL); municipio de Mecayapan cráter del volcán Santa Marta, por Ocotal Chico, 900 m, 12.III.1981, *F. Ramírez & F. Vázquez 1535* (XAL); municipio de Mecayapan, faldas del volcán Santa Marta, 1090 m, 19.VIII.2006, *T. Krömer & E. Otto 2865* (MEXU); municipio de Misantla, Misantla, VI.1866, *L. Hahn s.n.* (P); municipio de Naolinco, cascada de Naolinco, 1530 m, 3.VII.2003, *A. Mendoza et al. 704* (UAMIZ); municipio de San Andrés Tuxtla, dentro del cráter del volcán San Martín Tuxtla, lado S, 1450 m, 31.V.1984, *I. Calzada 10666* (XAL); municipio de San Andrés Tuxtla, cerro Coyolar al N de Catemaco, 29.V.1985, *I. Calzada 11805* (XAL); municipio de San Andrés Tuxtla, cima del cerro Mastagaga, al N del ejido Ruiz Cortines, sierra de los Tuxtlas, 30.V.1985, *I. Calzada 11825* (XAL); municipio de San Andrés Tuxtla, falda del volcán San Martín, 1300 m, 14.IV.2005, *T. Krömer et al. 1956* (MEXU, XAL);

municipio de San Andrés Tuxtla, ejido Ruiz Cortines, falda del volcán San Martín Tuxtla, 1000 m, 1.VII.2005, *T. Krömer & A. Acebey 2299* (MEXU); municipio de Soteapan, cráter del volcán Santa Marta, SE del río Xochiapan, 670 m, 15.V.1985, *I. Calzada 11434* (XAL); municipio de Soteapan, Santa Marta, ladera W del volcán Santa Marta, *F. Ramírez 969* (XAL); municipio de Tatahuicapan de Juárez, faldas del volcán Santa Marta, 1350 m, 28.VIII.2008, *T. Krömer et al. 3714* (MEXU); municipio de Tepetzintla, en la Sierra de Otontepec, al NE de Tepetzintla, 1200 m, 27.VIII.1981, *G. Castillo & A. Benavides 2249* (XAL); municipio de Tepetzintla, sierra de San Juan Otontepec, 900 m, 13.XII.1981, *G. Castillo & A. Benavides 2384* (XAL); municipio de Tepetzintla, sierra de Otontepec, 1250 m, 14.XII.1981, *G. Castillo & A. Benavides 2542* (XAL); municipio de Tepetzintla, Sierra de Otontepec, al NE de Tepetzintla, 1170 m, 25.VIII.1981, *F. Vázquez & L. Tapia 208* (XAL); municipio de Tepetzintla, sierra de la Peña Blanca, sierra de Tantima, 21.IX.1989, *P. Zamora et al. 1226* (XAL); municipio de Totutla, el Mirador, 21 km E of Huatusco, at km 45 along hwy to Puente Nacional, 23.VIII.1977, *T. Croat 43973* (MEXU, MO); municipio de Totutla, Mirador, 1841-43 m, *F. Liebmann 7* (UC); municipio de Totutla, Mirador, VIII.1930, *C. A. Purpus 15763* (UC); municipio de Xalapa, près de Jalapa, 4.IX.1866, *L. Hahn 594* (P); municipio de Xico, gorge at puente Acabaloya, ca. 1 km SE of Xico Viejo and 5 km NW of Xico, along trail between the two, 1600 m, 31.III.1983, *M. Nee & K. Taylor 26268* (XAL); municipio de Zongolica, reserva ecológica La Quinta, Amatitla, 1250 m, 6.III.2008, *T. Krömer et al. 3131* (CITRO, MEXU, XAL).

It is also important to mention that sometimes plants of *Tillandsia heterophylla* (Fig. 2 B) are confused in herbarium material with *T. viridiflora* and/or *T. macropetala* because of the branched inflorescences and overall morphology of the floral bracts. However, in living plants, the flowers of *T. heterophylla* have infundibuliform and slightly zygomorphic white corollas with included stamens, while the flowers of *T. viridiflora* and *T. macropetala* have helicoiform actinomorphic green corollas, spirally twisted petals, and the stamens are exposed. In addition the plants of *T. heterophylla* are conspicuously glaucous and pruinose.

Finally, we suggest that the name *Vriesea billbergiae* Lem. (*Tillandsia billbergiae* (Lem.) Baker) should probably be excluded from the synonymy of *T. viridiflora* because the original description of the former mentioned the presence of a "gland" at the base of petals: "... [segmentis] internis basi ima glandula maxima rotundato-biloba tenuissima instructis ...". This character is not present in any species of *Tillandsia* and we think that this name eventually will be assigned to some

species of *Vriesea* Lindl., as this genus in its current circumscription is separated from *Tillandsia* solely on floral characters (Till, 2000). However, as the description could be wrong, it will be necessary to study the type specimen (Type: *Ghiesbreght* in Verschaffelt Hortus, Ghent, no date, Mexico) in order to confidently exclude the name.

All three species of the *Tillandsia viridiflora* complex show a wide distribution in the central and southern states of Mexico (Fig. 4), where they principally occur in or near montane rain or moist pine-oak forests along the slopes of the Sierra Madre Oriental, Sierra de Juarez, and Sierra de Chiapas. However, they can also be found in humid to moderately dry lowland forests. *T. grandis* occurs at 400 m to 2000 m elevation and grows primarily lithophytically on very steep, inaccessible limestone cliffs, but it is very occasionally epiphytic. *T. macropetala* can be found at elevations of (150)1100 m to 2500 m, whereas *T. viridiflora* occurs from 670 m to 1830 m elevation, both species usually occur as epiphytes and only rarely are found terrestrially. Since the distributions of *T. grandis* and *T. viridiflora* range from Mexico to Nicaragua (Beaman & Judd, 1996), it is very likely that a future review of herbarium material in combination with the characters used in our identification key also will demonstrate the existence of *T. macropetala* in Central America, as the latter species is widespread in the southern states of Mexico, and thus probably not endemic to the country.

Their flowering periods are only slightly different, with *Tillandsia grandis* producing flowers between March and July, whereas *T. macropetala* and *T. viridiflora* start blooming in January and last until August (Espejo et al., 2005). In addition to their similar flower morphology and phenology, all three species show inconspicuous greenish inflorescences and a nocturnal anthesis, in contrast to most *Tillandsia* species that have brightly colored bracts with contrasting flowers which are pollinated by hummingbirds (Gardner, 1986; Benzing, 2000; Kessler & Krömer, 2000). Hietz & Hietz-Seifert (1994) suggest sphingid moths as the most likely visitors, because of their long spreading stamina and pistil exerted from an open actinomorphic flower. However, personal observations by the senior author, combined with the identification of hexose-rich nectar in *T. viridiflora* by Krömer et al. (2008), suggest bat-pollination, although the plants in the complex do not show the typical chiropterophilous floral syndrome with bell-shaped, large zygomorphic flowers, characteristic of the bat-pollinated *Werauhia* species (Krömer et al., 2007). Furthermore, since the flowers of *T. macropetala* and *T. viridiflora* are still open during the next morning, they might also be visited by hummingbirds and show a bimodal pollination system.

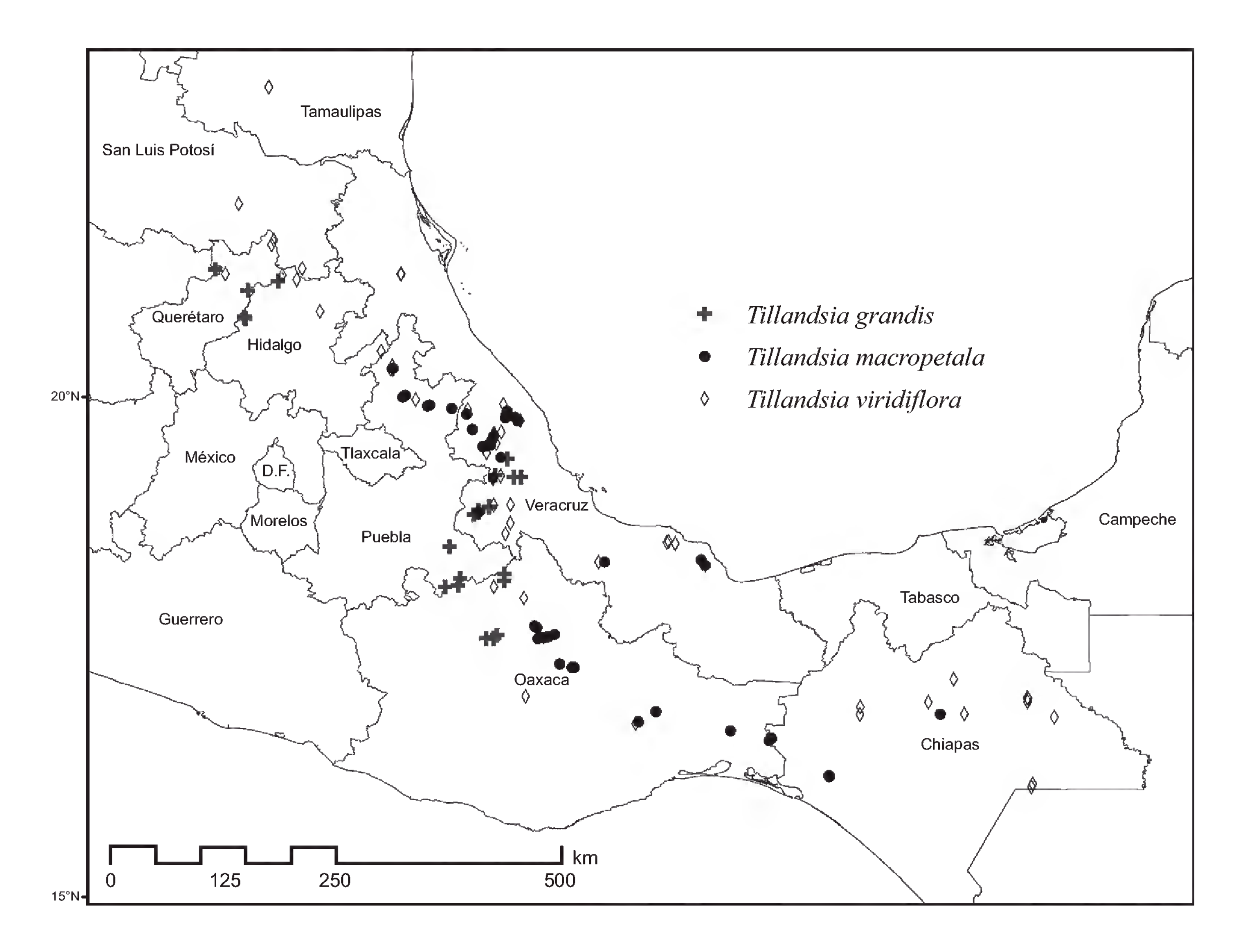


Fig. 4. Distribution of *Tillandsia grandis*, *T. macropetala* and *T. viridiflora* in Mexico.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Amparo Acebey, Manfred Kretz, Ulrich Lautner, Günther Noller, Elisabeth Otto, and Wolfgang Schindhelm for fieldwork assistance, Walter Till, Bruce K. Holst, and two anonymous reviewers for valuable comments on the manuscript, Lilia Ruiz-Ruiz for preparing the figures 1-3, Nancy Martínez-Correa for preparing the distribution map and the curators of CHAP, ENCB, FCME, GH, IBUG, IEB, K, LL, MA, MEXU, MICH, MO, OAX, OXF, P, SEL, TEX, UAMIZ, UC, US, WU and XAL for providing the facilities to consult specimens and data. Sergio Zamudio sent us images of *T. viridiflora* deposited at IEB. To Elizabeth Bascom Scholarship from the Missouri Botanical Garden granted to A. R. López-Ferrari to study the Mexican Bromeliaceae collections deposited at the main U.S. herbaria. The study of T. Krömer was supported by a postdoctoral grant from the

Universidad Nacional Autónoma de México and a research grant from the Bromeliad Society International.

LITERATURE CITED

Baker, J. G. 1888. A synopsis of Tillandsieae. J. Bot. 26: 104-111.

Baker, J. G. 1889. Handbook of Bromeliaceae. George Bell & Sons. London, UK. 243 pp.

Barfuss, M. H. J., R. Samuel, W. Till & T. F. Stuessy. 2005. Phylogenetic relationships in subfamily Tillandsioideae (Bromeliaceae) based on DNA sequence data from several plastid regions. Amer. J. Bot. 92: 337-351.

Beaman, R. S. & W. S. Judd. 1996. Systematics of *Tillandsia* subgenus *Pseudalcantarea* (Bromeliaceae). Brittonia 48: 1-19.

Beer, J. G. 1856 "1857". Die Familie der Bromeliaceen. Tendler & Comp. Wien, Austria. 273 pp.

Benzing, D. H. 2000. Bromeliaceae - profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 690 pp.

Blanco Fernández de Caleya, P., M. A. Espejo-Serna & A. R. López-Ferrari. 2010. Catálogo del Herbario de la Real Expedición Botánica de Nueva España (1787-1803) conservado en el Real Jardín Botánico de Madrid. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Real Jardín Botánico. Madrid, España. 687 pp.

Espejo-Serna, A. & A. R. López-Ferrari. 1994. Las monocotiledóneas mexicanas, una sinopsis florística. 1. Lista de referencia. Parte III. Bromeliaceae, Burmanniaceae, Calochortaceae y Cannaceae. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C., Universidad Autónoma Metropolitana y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., Mexico. 73 pp.

Espejo-Serna, A., A. R. López-Ferrari, I. Ramírez Morillo, B. K. Holst, H. E. Luther & W. Till. 2004. Checklist of Mexican Bromeliaceae with notes on species distribution and levels of endemism. Selbyana 25(1): 33-86.

Espejo-Serna, A., A. R. López-Ferrari & I. Ramírez-Morillo. 2005. Bromeliaceae. Flora de Veracruz Fascículo 136. Instituto de Ecología, A.C. y Universidad de California. Riverside, USA. 307 pp.

Gardner, C. S. 1986. Inferences about pollination in *Tillandsia* (Bromeliaceae). Selbyana 9: 76-87.

Hietz, P. & U. Hietz-Seifert. 1994. Epífitas de Veracruz. Guía ilustrada para las regiones de Xalapa y Los Tuxtlas, Veracruz. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, Mexico. 229 pp.

Kessler, M. & T. Krömer. 2000. Patterns and ecological correlates of pollination modes among bromeliad communities of Andean forests in Bolivia. Plant Biol. 2: 659-669.

Krömer, T., A. Espejo, A. R. López-Ferrari & A. Acebey. 2007. *Werauhia noctiflorens* (Bromeliaceae), una nueva especie del sureste de México y Belice. Novon 17: 336-340.

Krömer, T., M. Kessler, G. Lohaus & A. N. Schmidt-Lebuhn. 2008. Nectar sugar composition and concentration in relation to pollination syndromes in Bromeliaceae. Plant Biol. 10: 502-511.

Lemaire, C. 1869. *Vriesea billbergiae*. L'Illustration Horticole 16(misc.): 91.

Mez, C. 1934-1935. Bromeliaceae. In: Engler, A. (ed.). Das Pflanzenreich IV.32 (Heft 100, 1-4): 1-667.

Morren, E. 1873. Bulletin des nouvelles et de la bibliographie. La Belgique Hort. 23: 137-141.

Morren, E. 1880. Broméliacées nouvelles. La Belgique Hort. 30: 238-242.

Schlechtendal, D. F. L. 1845 "1844". Plantae Leiboldianae. Monocotyleae reliquae. Linnaea 18: 410-456.

Sessé, M. & J. M. Moçiño. 1891-1897 "1887". Flora mexicana. Ignatius Escalante. México, D.F., México. 263 pp.

Sessé, M. & J. M. Moçiño. 1894. Flora mexicana ed. 2. Oficina Tipográfica de la Secretaria de Fomento. México, D.F., México. 240 pp.

Smith, L. B. & R. J. Downs. 1977. Tillandsioideae (Bromeliaceae). Flora Neotropica Monograph 14, Part 2. Hafner Press. New York, USA. 1492 pp.

Stafleu, F. A. & R. S. Cowan. 1985. Taxonomic literature. A selective guide to botanical publications and collections with dates, commentaries and types. ed. 2. Vol. 5. Sal-Ste. Utrecht, The Netherlands. 1066 pp.

Till, W. 2000. Tillandsioideae. In: Benzing, D. H. (ed.). Bromeliaceae: profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press. Cambridge, UK. pp. 555-572.

Utley, J. & K. Burt-Utley. 1994. Bromeliaceae. In: Davidse, G., M. Sousa S. & A. O. Chater (eds.). Flora Mesoamericana 6:. 89-156.

Wawra, H. R. 1887. *Tillandsia macropetala*. Wiener Illustrierte Garten-Zeitung 12: 241-244.

Weber, W. 1984. Die Bromeliaceae im Herbarium D. F. L. von Schlechtendal. Feddes Repert. 95(2): 573-600.

Recibido en marzo de 2011.

Aceptado en noviembre de 2011.

Acta Botanica Mexicana 99: 21-29 (2012)

A NEW SPECIES OF *OTATEA* (POACEAE: BAMBUSOIDEAE: BAMBUSEAE) FROM QUERÉTARO, MEXICO

Eduardo Ruiz-Sanchez[1, 2]

University of California, Berkeley, Plant and Microbial Biology, 431 Koshland Hall, Berkeley, CA. 94270, USA.
[1]Adscripción actual: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional de Bajío, Red de Biodiversidad y Sistemática, Av. Lázaro Cárdenas 253, 61600, Pátzcuaro, Michoacán, México.
[2]Autor para la correspondencia: eduardo.ruiz@inecol.edu.mx

ABSTRACT

Based on recent systematic studies of the genus *Otatea,* that included an extensive taxonomic investigation of herbaria specimens, and recent fieldwork in the Mexican state of Querétaro, a new *Otatea* species, *O. ramirezii,* is here described and illustrated. The new species is endemic to the Sierra Gorda in Querétaro, Mexico. It is compared with *Otatea acuminata*, *O. carrilloi* and *O. glauca,* from which it can be separated by the presence of only one (rarely two) branches per node, erect culm leaf blades, and the absence of oral setae both in culm and foliage leaves.

Key words: endemic Guaduinae, Mexico, *Otatea*, Poaceae, Querétaro, Sierra Gorda, woody bamboo.

RESUMEN

Basado en un estudio previo sobre sistemática del género *Otatea*, el cual incluye una amplia revisión de ejemplares de herbario y también en recientes colecciones botánicas realizadas en el estado de Querétaro, se describe e ilustra una nueva especie de *Otatea*, *O. ramirezii*. El nuevo taxon es endémico de la Sierra Gorda en Querétaro. Se compara con *Otatea acuminata*, *O. carrilloi* y *O. glauca*, de las cuales se diferencia por desarrollar una sola rama por nudo (rara vez dos), láminas de las hoja caulinar erectas y ausencia de setas orales en hojas caulinares y hojas foliares.

Palabras clave: bambú leñoso, Guaduinae endémica, México, *Otatea*, Poaceae, Querétaro, Sierra Gorda.

Otatea (McClure & E. W. Sm) C. Calderón & Soderstr., an American woody bamboo genus of the subtribe Guaduinae, comprises seven species with a geographical distributions restricted to Mexico, El Salvador, Honduras and Colombia and with six species endemic to Mexico (Guzmán et al., 1984; Judziewicz et al., 1999; Londoño and Clark, 1998; Ruiz-Sanchez et al., 2008; Ruiz-Sanchez and Sosa, 2010; Ruiz-Sanchez et al., 2011a).

Previous phylogenetic studies based on morphological and molecular data support the monophyly of *Otatea* and its sister relationship with the Mesoamerican bamboo genus *Olmeca* (Ruiz-Sanchez et al., 2008; Ruiz-Sanchez et al., 2011b). Two morphological synapomorphies have been identified for *Otatea*: 1) branch complements with three subequal and ascending branches and 2) spikelets with pubescent lemmas (Ruiz-Sanchez et al., 2008). However, two recently described species of *Otatea* (*O. reynosoana* and *O. transvolcanica*) mostly have only one or two branches per node. Sometimes three branches occur with the second and third branches smaller in diameter than the central or primary branch (Ruiz-Sanchez et al., 2011a). Like most bamboos, *Otatea* is monocarpic with mass flowering in cycles that, according to herbarium records, occur in 8-30 year cycles (Guzmán et al., 1984; Judziewicz et al., 1999; Ruiz-Sanchez et al., 2011a); populations usually flower for two or three years consecutively and die (Ruiz-Sanchez et al., 2011a). Due to the long intervals between flowering times, a few species have been described based only on vegetative features, including *O. carrilloi* and *O. transvolcanica* (Ruiz-Sanchez et al., 2011a).

A new *Otatea* species from Sierra Gorda of Querétaro with only one (rarely two) branches per node, erect culm leaf blades, and the absence of oral setae both in culm and foliage leaves is described and illustrated in this paper. Also, a key to the eight species of *Otatea* is presented.

Key to the species of *Otatea*

1 Foliage leaves of the primary branches with blades 0.3-1.2 cm wide, abaxially green 2

1 Foliage leaves of the primary branches with blades 0.6-6 cm wide, abaxially glaucous 4

2 Culm leaf blades erect; foliage oral setae absent 7

2 Culm leaf blades reflexed; foliage oral setae present 3

3 Foliage leaf blades 18-26 cm long; foliage oral setae 6.6-24.1 mm long, fimbriae 8.4-21.8 mm long, straight; culm leaf oral setae 15-30.6 mm long, fimbriae 10.3-19.3 mm long, straight .... *O. carrilloi* Ruiz-Sanchez, Sosa & Mejía-Saulés

3 Foliage leaf blades 10-16 cm long; foliage oral setae 2.5-6 mm long, fimbriae 1-4 mm long, curly; culm leaf oral setae 2.5-11.5 mm long, fimbriae 1.5-4 mm long, curly .... *O. glauca* L. G. Clark & G. Cortés

4 Culm leaf blades reflexed 5

4 Culm leaf blades erect 6

5 Foliage oral setae 4.3-6 mm long, free; lobes of the outer ligule absent; culm leaf sheaths 9.5-12.5 cm long, non-overlapping; culm leaf blades 1.6-7.5 cm long .... *O. ximenae* Ruiz-Sanchez & L. G. Clark

5 Foliage oral setae 13-21.5 mm long, connate for the basal one-third or more; lobes of the outer ligule present 3-8 mm long; culm leaf sheaths 24-29.5 cm long, overlapping; culm leaf blades 9-20 cm long .... *O. transvolcanica* Ruiz-Sanchez & L. G. Clark

6 Oral setae of culm and foliage leaves papyraceous, white; branches per node usually one or two; foliage leaf blades abaxially with a patch of white cilia at the base on both sides of the midrib ..... *O. reynosoana* Ruiz-Sanchez & L. G. Clark

6 Oral setae of culm and foliage leaves coriaceous, brown or purple; branches per node three, subequal; foliage leaf blades abaxially with a patch of yellow to brown cilia at the base on one side of the midrib .... *O. fimbriata* Soderstr.

7 Development of three subequal and ascending branches per node; fimbriae on culm leaves 4-7 mm long; some populations develop oral setae on culm leaves .... *O. acuminata* (Munro) C. Calderón & Soderstr.

7 Development of one main ascending branch per node, if two branches present then the lateral narrower than the main or central; fimbriae on culm leaves 1-3 mm long; lack oral setae on culm leaves .... *O. ramirezii* Ruiz-Sanchez

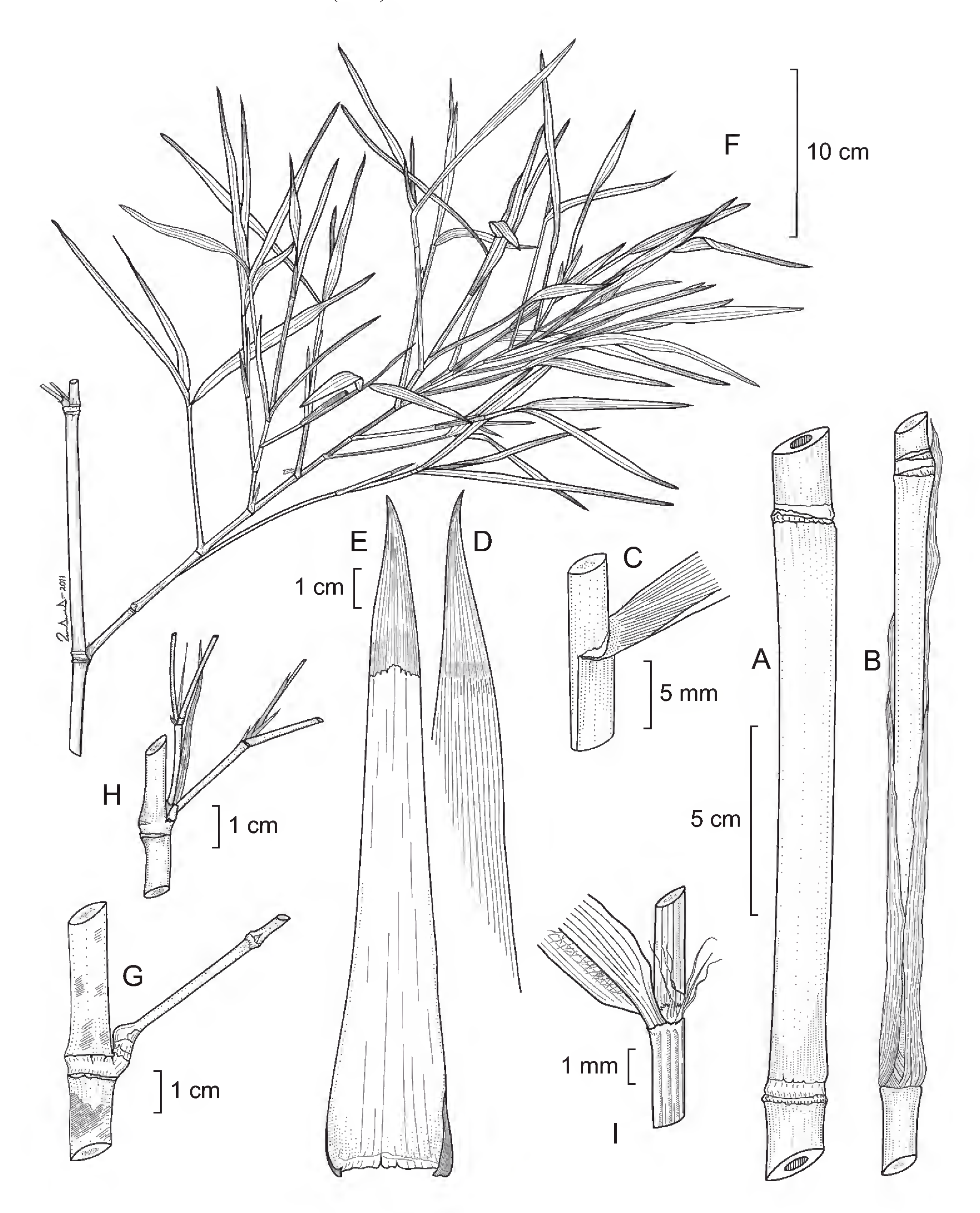


Fig. 1. *Otatea ramirezii* Ruiz-Sanchez. A. culm with upper and bottom nodes; B. culm with culm leaf sheath; C. ligular area of culm leaf sheath from a new shoot; D. culm leaf, abaxial view; E. culm leaf, adaxial view; F. branch complement with foliage leaf complement; G. branch complement showing one branch. H. branch complement showing two branches; I. ligular area of foliage leaf with fimbriae and patch of white cilia at the base extending along one side of the midrib (based on *Ruiz-Sánchez & A. de Nova 304*). Drawing by David Jimeno Sevilla.

Otatea ramirezii Ruiz-Sanchez sp. nov. Fig. 1.

Culmi 2 -3 m alti, 0.8-1-7 cm diam, erecti. Folia culmorum 12-17 cm longa; vaginae 10-12 cm longae, laminae 1.8-4.5 cm longae, erectae, triangulares, abaxialiter glabrescentes. Vaginarum caulinarium setae orales desunt. Ramus unus raro duo per nodum. Secundarius et tertiarius nodus unum ramum ferens. Primarius ramus 33-48 cm longus. Folia ramorum 3-7 per complementum, vaginae glabrae; laminae 6.5-12.5 cm longae, 0.4-1.2 cm latae, lineares vel lineari-lanceolatae. ad 30 mm longae, foliorum frondosarum setae orales desunt.

Rhizomes with necks 5-15 cm long. Culms 2-3 m tall, 0.8-1.7 cm in basal diameter, erect; internodes 12-16 cm long, terete, glabrous, green when young and brown-yellow when old, hollow, the walls 3-5 mm thick, the lacuna occupying <50% of the total diameter. Culm leaves 12-17 cm long, non-overlapping, deciduous; sheaths 10-12 cm long, 3.5-5 cm wide at the base, the leaf blades 1.8-4.5 cm long, triangular, abaxially and adaxially glabrous, the margins ciliate when young, glabrous when old; inner ligule a coriaceous rim 0.5-1 mm long, irregular, ciliate; oral setae absent; fimbriae at the apex of the sheath on both sides of the blade, 1-3 mm long, ca. 0.05 mm wide, terete, free, curly; blades 1.8-4.5 cm long, triangular, erect, persistent, shorter than the sheaths, glabrous on both sides, margin glabrous, apex attenuate-subulate. Branching intravaginal; one main branch per node, if two then the central 3-4 times wider than the lateral, sometimes both branches are subequal and these are diverging from each other and rebranching, 33-48 cm long, diverging from the main culm at 45-60°, with only one branch in the second and third order of branching; supranodal ridge pronounced; nodal line horizontal. Foliage leaves 3-5(-7) per complement, when young 5-7 per complement; sheaths glabrous, rounded on the back; oral setae absent; fimbriate at shoulders sheath summit, the fimbriae 1-2 mm long, ca. 0.05 mm in diameter, terete, free, curly; outer ligule an irregular glabrous rim up to 0.1 mm long; inner ligule 0.3-0.5 mm long, truncate, ciliate; pseudopetioles ca. 1 mm long, brownish, pulvinate at the base; blades (6.5)8-11(12.5) cm long, 0.4-0.8(1.2) cm wide, linear to linear-lanceolate, green adaxially and glabrous abaxially, with a patch of white cilia at the base extending along one side of the midrib for 2-3 mm, the base attenuate, the apex attenuate-subulate, the margins weakly serrulate. Synflorescences not seen.

TYPE: MÉXICO, **Querétaro**, 500 m antes de llegar a San Juan Tetla desde El Apartadero, municipio de San Joaquín, 20°58'40.8" N, 99°29'47" W, bosque tropical

caducifolio, suelos calizos, alt. 1223 m, 10 Jul. 2010, *E. Ruiz-Sánchez & A. de Nova 304* (holotype: IBUG; isotypes: IEB, MEXU, XAL).

Habitat and distribution. Apparently, *Otatea ramirezii* represents a narrow endemic of the southernmost part of the Sierra Gorda in Querétaro, where it forms large populations inhabiting tropical dry forests and their ecotone with oak forests on hillsides composed of calcareous rocks at elevations between 1200 and 1600 m.

On the basis of morphology, *Otatea ramirezii* morphologically resembles *O. acuminata*, *O. carrilloi* and *O. glauca*. All four are similar in habit with culms that are erect or arching apically and their foliage leaves that are similar in size and form. However, the latter three species develop three subequal ascending branches per node, whereas *O. ramirezii* develops mostly only one branch per node (Table 1). In some cases, two branches per node are present, but the second one is noticeably narrower than the main branch and it develops later. Additionally, *O. ramirezii* lacks oral setae in culm and foliage leaves and has erect culm leaf blades. *Otatea carrilloi* and *O. glauca* have oral setae in both culm and foliage leaves and their culm leaf blades are reflexed. Alternatively most of the populations in *Otatea acuminata* have oral setae in the culm leaves but they are absent in the foliage leaves and its culm leaf blades are erect (Table 1). *Otatea carrilloi* and *O. glauca* are known from a single population each. Both are endemic to Chiapas. *Otatea acuminata* has the widest geographical distribution in Mexico, including two populations near *O. ramirezii*, one in Querétaro only 22 km to northwest of *O. ramirezii* on the other side of the Sierra Gorda and another one 53 km to the southeast of *O. ramirezii* in the Barranca of Tolantongo, Hidalgo. The populations of *Otatea acuminata* in Querétaro and Hidalgo grow in calcareous soils and plants from both of these populations develop three subequal ascending branches per node.

Etymology. The specific epithet honors the memory of Raymundo Ramírez Delgadillo (1968-2011), professor from the Universidad de Guadalajara, Mexico, whom I most owe my interest in systematic botany.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author is particularly grateful to Arturo de Nova for his invitation to collect *Fouqueria* species in the locality where the new *Otatea* species grows. Special

Table 1. Comparisons of morphological characters among *Otatea acuminata, O. glauca, O. carrilloi and O. ramirezii*.

Character/taxa	*O. acuminata*	*O. glauca*	*O. carrilloi*	*O. ramirezii*
Culm habit	erect and arching apically	arching apically	arching apically	erect
Culm size				
length (m)	2-10	8	3-5	2-3
diameter (cm)	1-5	3	1-3.5	0.8-1.7
Internode size				
length (cm)	9.5-24	27-30	11-19	12-16
wall thickness (mm)	2-4	1.5-2	3.5-6.9	3-5
Culm leaves				
sheath length (cm)	5-30	14-22	19-28	10-12
relative position	overlapping or not	non-overlapping	overlapping	non-overlapping
duration	deciduous or persistent	deciduous	deciduous	deciduous
Culm leaf blades				
length (cm)	6-18	3.5-8.2	10-31	1.8-4.5
position	erect	reflexed	reflexed	erect
basal margin indument	ciliate, glabrous or hirsute	glabrous	fimbriate	glabrous
Oral setae on culm leaves				
length (mm)	10-15 when present	2.5-11.5	15-30.6	absent
color in living specimens	brown	bright green	green-yellow	-
Fimbriae on culm leaves	present	present	present	present
position	at shoulders	at shoulders	at blade baseand sheath summit	at shoulders
posture	curly	curly	straight	curly
length (mm)	4-7	1.5-4	10.3-19.3	1-3
Branches per node	3	3	3	1 (rarely 2)

Table 1. Continuation

Character/taxa	*O. acuminata*	*O. glauca*	*O. carrilloi*	*O. ramirezii*
Foliage leaf blade				
length (cm)	4-22	10-16	18-26	6.5-12.5
width (cm)	0.3-1.2	0.3-1	0.6-0.9	0.4-1.2
Oral setae on foliage leaves	absent	present	present	absent
length (mm)	-	2.5-6	6.6-24	-
connate at base	-	no	no	-
color when live	-	green	green-yellow	-
Fimbriae on foliage leaves				
length (mm)	1-3	1-4	8.5-22	1-2
posture	curly	curly	straight	curly

thanks are given to Pablo Carrillo Reyes and Heather Driscoll for improving the manuscript with their comments and to Flor Rodríguez Gómez for all her support. I also thank three anonymous reviewers whose suggestions greatly improved the manuscript. The illustration is done by David Jimeno Sevilla. Special memory thanks go to Raymundo Ramírez, a great botanist person.

LITERATURE CITED

Guzmán, R., M. C. Anaya & M. Santana. 1984. El género *Otatea* (Bambusoideae), en México y Centroamérica. Bol. Inst. Bot. Univ. Guadalajara 5: 2-20.

Judziewicz, E. J., L. G. Clark, X. Londoño & M. J. Stern. 1999. American bamboos. Smithsonian Institution Press.Washington D.C., USA. 392 pp.

Londoño, X. & L. G. Clark. 1998. Eight new taxa and two new reports of Bambuseae (Poaceae: Bambuseae) from Colombia. Novon 8: 408-428.

Ruiz-Sanchez, E. & V. Sosa. 2010. Delimiting species boundaries within the Neotropical bamboo *Otatea* (Poaceae: Bambusoideae) using molecular, morphological and ecological data. Molec. Phylog. Evol. 54: 344-356.

Ruiz-Sanchez, E., V. Sosa & M. T. Mejía-Saulés. 2008. Phylogenetics of *Otatea* inferred from morphology and chloroplast DNA sequence data and recircumscription of Guaduinae (Poaceae: Bambusoideae). Syst. Bot. 33: 277-283.

Ruiz-Sanchez, E., V. Sosa, M. T. Mejía-Saulés, X. Londoño & L. G. Clark. 2011a. A taxonomic revision of *Otatea* (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae) including four new species. Syst. Bot. 36: 314-336.

Ruiz-Sanchez, E., V. Sosa & M. T. Mejía-Saulés. 2011b. Molecular phylogenetics of the Mesoamerican bamboo *Olmeca* (Poaceae: Bambuseae): Implications for taxonomy. Taxon 60: 89-98.

Recibido en julio de 2011.

Aceptado en enero de 2012.



Acta Botanica Mexicana 99: 31-53 (2012)

ÁREAS PRIORITARIAS DE CONSERVACIÓN PARA LA FLORA LEÑOSA DEL ESTADO DE COLIMA, MÉXICO

JUAN MARTÍNEZ-CRUZ[1,2] Y GUILLERMO IBARRA-MANRÍQUEZ[1]

[1]Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Antigua carretera a Pátzcuaro 8701, Colonia Ex Hacienda de San José de la Huerta, 58190 Morelia, Michoacán, México.
[2]Autor para la correspondencia: jmc@oikos.unam.mx

RESUMEN

En el estado de Colima se realizó un ejercicio sobre las prioridades de conservación de su flora leñosa (árboles y lianas), usando postulados de los métodos sistemáticos de la planeación de la conservación (gradisectos, grupos indicadores y cuatro métodos iterativos para ponderar la riqueza total, el valor de rareza de las especies, así como el número y abundancia de las endémicas de México). Con base en la geomorfología, altitud y tipos de vegetación en el área de estudio se delimitaron 53 unidades ambientales (UA). Para la estratificación del muestreo se establecieron cuatro gradisectos que contienen una representación de 91.6% de las UA del estado. Dentro de ellos se eligieron las 15 con mayor superficie y con vías de comunicación accesibles para ubicar 24 sitios de muestreo de 0.1 ha, donde todos los árboles y lianas con d.a.p. ≥ 2.5 cm fueron determinados. Se registraron 4419 individuos que incluyen 417 especies y 71 familias. Los sitios contrastaron marcadamente en su riqueza de especies (entre 82 y 5), la que se correlacionó de manera significativa con la de las endémicas a México ($r = 0.85$, $P < 0.001$). Para conservar al menos 75% de las especies, cinco sitios se ubicaron siempre entre las seis primeras posiciones en los cuatro métodos iterativos utilizados. Al incluir en este ejercicio a los taxones registrados en dos reservas (la Reserva de la Biosfera Manantlán y el Área de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre El Jabalí), se observa que desempeñan un papel muy relevante, ya que permiten la protección de 67.4% del total de especies y 72.5% de las endémicas. Cuatro sitios resultaron ser los más complementarios respecto a los componentes florísticos de las reservas. Dado que las UA donde se establecen los mismos no están conectadas, se sugiere que las tres unidades más cercanas se enlacen por medio de corredores de vegetación, los cuales podrían extenderse hacia la porción sureña de la reserva de Manantlán. Se recomienda considerar en propuestas futuras de conservación algunos tipos de vegetación valiosos por su diversidad en otras formas de crecimiento (e. g.

el componente herbáceo de los bosques de *Pinus-Quercus*) o por los servicios ecosistémicos que aportan (e. g. manglares). Se enfatiza la necesidad de generar información similar a la que presenta este estudio para otros grupos de plantas y animales para establecer un sistema más representativo de las áreas de conservación en el estado.

Palabras clave: árboles, especies endémicas, gradisectos, lianas, métodos iterativos, riqueza, unidades ambientales.

ABSTRACT

The diversity of the woody flora (trees and lianas) of the state of Colima was quantified and prioritized using principles of systematic conservation planning (gradsects, indicators groups and four heuristic algorithms for weighting the species richness, the rarity value, and besides the number and density of species endemic to Mexico). A total of 53 environmental units (EU) were defined with information of geomorphology, altitude and vegetation types. Four gradsects embraced most of the EU diversity (91.6%). Within gradsects 15 EU were chosen with the largest area and accessible roads to locate 24 sampling sites of 0.1 ha, where all trees and lianas ≥ 2.5 cm dap were identified. We counted 4419 individuals, including 417 species and 71 families. Species richness among sites contrasted markedly (between 82 and 5 species). Site species richness significantly correlated with the species endemic to Mexico ($r = 0.85$, $P < 0.001$). To preserve at least 75% of the species, five sites were always selected in the top six using the four iterative methods. When this analysis was repeated considering the species recorded in two reserves (Biosphere Reserve of Manantlán and Forest Protection and Wildlife Refuge Area El Jabalí), both areas played a key role, allowing the protection of 67.4% of the total species and 72.5% of the endemics. Four sites were the most complementary if compared with the flora of the reserves. Since the EU where these sites are located are not connected, we suggest that three nearby units be linked through a system of vegetation corridors, which could expand toward the southern portion of the Manantlán reserve. It is recommended that future conservation proposals consider types of vegetation that are valued for possesing other growth forms (e. g., the herbaceous understory of *Pinus-Quercus* forest) or for the ecosystematic functions they provide (e. g., mangroves). To reach the goal of a representative network of biodiversity areas in Colima, similar data for other groups of plants and animals must be generated.

Key words: endemic species, environmental units, gradsects, heuristic algorithms, lianas, species richness, trees.

INTRODUCCIÓN

En la práctica, la planificación de áreas de conservación de la biodiversidad se ve afectada, en ocasiones de manera drástica, por restricciones de tipo económico, social y político (Margules y Pressey, 2000). A pesar de lo anterior, estos autores indican que los criterios biológicos relevantes para la conservación podrían tener mayor influencia al respecto si se dispone de una estrategia que asegure su representatividad regional, para lo cual proponen un esquema con fases de desarrollo explícitas. Una de las etapas fundamentales dentro del mismo es la compilación de datos para ser usados como sustitutos de la diversidad biológica (e. g. subconjuntos de especies o distintos tipos de habitats), dentro de la cual los inventarios biológicos juegan un papel primordial.

Sin embargo, los recursos económicos, el personal capacitado y el tiempo requerido para llevar a cabo inventarios biológicos para seleccionar áreas prioritarias de conservación son limitados (Austin y Heyligers, 1991; Raven y Wilson, 1992; Stork, 1994), por lo que éstas tradicionalmente han sido establecidas tomando en cuenta especies carismáticas con diferentes grados de amenaza, sitios con poco o nulo interés económico para el ser humano y la naturalidad regional (Margules y Usher, 1981; Pressey et al., 1994). Debido a lo anterior, no siempre es posible conservar sitios biológicamente importantes por su riqueza o grado de endemismo, lo que disminuye las posibilidades de contar con sistemas representativos de áreas de protección (Margules et al., 1988; Caldecott et al., 1996; Gaston, 1996; Margules y Pressey, 2000; Pressey y Taffs, 2001, pero ver Ceballos, 2007).

Una alternativa para contar con adecuados inventarios biológicos es el uso de transectos dirigidos a gradientes o gradisectos (gradsects), ya que en ellos se combina un trabajo de campo intensivo y de bajo costo para inferir en el menor tiempo posible la diversidad biológica presente en un área particular (Austin y Heyligers, 1991; Gillison, 1983; Margules y Redhead, 1995; Wessels et al., 1998). Los gradisectos incluyen el uso de grupos indicadores y algoritmos para priorizar áreas de conservación (métodos iterativos). Los primeros se han usado para inferir la riqueza de organismos más problemáticos de inventariar debido, entre otras razones, a su pequeño tamaño o a su desconocimiento taxonómico (Di Castri et al., 1992; Halffter y Favila, 1993; Gaston, 1996; Margules y Pressey, 2000; Jayasuriya y Abayawardana, 2008). El uso de estos grupos para ubicar áreas de conservación cuenta con una literatura amplia y entre los taxones que se han empleado al respecto están: I) artrópodos (arañas e insectos; Virolainen et al., 2000; Cardoso et al., 2004; Finch y Löffler, 2010), II) hongos (Basidiomicetes; Virolainen et al., 2000), III) mariposas

(Papilionidae; Fleishman et al., 2005), IV) plantas (árboles; Villaseñor et al., 2003; Schmit et al., 2005) y V) vertebrados (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos; Fleishman et al., 2005).

Con respecto a los métodos iterativos, éstos priorizan sitios para la conservación de la biodiversidad con base en la importancia relativa del número de especies, evaluando su grado de complementaridad y qué tan particulares son con respecto a los taxones que albergan, además que permiten considerar las restricciones que puedan tener ciertas áreas para ser conservadas y ser flexible en cuanto a las opciones que pueden aportar, lo que incrementa su eficiencia y representatividad (Margules et al., 1994, 2002; Margules y Pressey, 2000; Ceballos, 2007).

La porción occidental de México presenta áreas con escaso conocimiento biológico, a pesar de formar parte de Mesoamérica, una de las regiones más importantes a nivel mundial por la biodiversidad que alberga (Myers et al., 2000; Olson y Dinerstein, 2002). El estado de Colima se ubica en el occidente mexicano (Fig. 1A) y en su pequeño territorio se presenta un gradiente altitudinal muy amplio, que va desde el nivel del mar hasta los 4225 m, lo que facilita la confluencia de diferentes tipos de vegetación tropical y templada (Rzedowski y McVaugh, 1966). Si bien el conocimiento florístico de Colima fue considerado deficiente por Dávila y Sosa (1994), la situación ha empezado a mejorar paulatinamente (Cuevas et al., 1998, Padilla-Velarde et al., 2006, 2008) y es sin duda un estado con una biodiversidad importante. Una muestra de lo anterior es que Padilla-Velarde y colaboradores (2006) enlistan 550 especies de árboles, de los cuales 43.4% son endémicos a México y tres restringen su área de distribución a Colima. Lamentablemente, esta entidad no está exenta de cambios drásticos del área ocupada por su vegetación natural, ya que para el año 2000 se había reducido en 47.6% (Palacio-Prieto et al., 2000), además de que sólo 360 km^2 están considerados bajo alguna categoría de protección (Flores-Villela y Gerez, 1994).

Tomando en cuenta la variedad de tipos de vegetación que alberga, la diversidad y particularidad de su flora, el grado de amenaza que se cierne sobre ella debido a los cambios de uso de suelo y la escasez de áreas de protección estatales, Colima es un candidato relevante para realizar un ejercicio sobre prioridades de conservación. En consecuencia, el presente trabajo pretende contestar como preguntas principales: I) ¿el método de gradisectos es eficiente en el muestreo de áreas con alta diversidad florística como lo es el estado de Colima?, II) ¿dónde se encuentran los sitios prioritarios de conservación para la flora leñosa (árboles y lianas) de este estado?, III) ¿qué grado de coincidencia existe entre los sitios con mayor riqueza de especies y los más relevantes con respecto al endemismo? y IV) ¿cuál es la contribución de las reservas del estado en la conservación de esta flora?

MATERIALES Y MÉTODOS

El estado de Colima se localiza en la parte oeste de México (Fig. 1A), entre los 18°41'-19°31' N y 103°29'-104°41' O (Anónimo, 2001), limitando hacia el oriente con los ríos Coahuayana y Tamazula, mientras que la frontera noroccidental la constituye el río Cihuatlán (Anónimo, 1981). En el territorio colimense confluyen las provincias terrestres Sierra Madre del Sur y Eje Neovolcánico, con altitudes entre 0 y 4225 m (Anónimo, 2001). Estos trabajos indican la presencia de dos provincias hidrográficas: Costa de Jalisco y Armería-Coahuayana; dentro de ellas destacan los ríos Cihuatlán y Purificación, así como el arroyo de Agua Zarca. En cuanto al clima, cinco tipos diferentes convergen en Colima, siendo el más importante el cálido subhúmedo (A(w)) que abarca 77.8% del estado, seguido en orden de importancia por los siguientes (García, 1981): semiseco (BS_1), semicálido (A(c)), templado (C) y semifrío (C (E)). Respecto a su geología superficial, en este estado se encuentran formaciones metamórficas que datan desde el Jurásico hasta depósitos aluviales del Cuaternario (Anónimo, 1981), sobre los que se desarrollan distintas variantes húmicas, dístricas, háplicas, pélicas o calcáricas de suelos como litosoles, feozem, rendzinas, regosoles, leptosoles y vertisoles, e incluso se registran en la zona costera los de categoría gleysol y solonchak (Anónimo, 1981, 1983). Los tipos de vegetación donde los árboles son elementos predominantes son (Palacio-Prieto et al., 2000): bosque de encino, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña, bosque de galería, manglar, palmar, sabana, selva baja espinosa, así como variantes caducifolias y subcaducifolias de la selva baja y de la selva mediana. Descripciones más detalladas al respecto pueden encontrarse en Rzedowski y McVaugh (1966).

Se utilizó el sistema de información geográfica ILWIS® (Integrated Land and Water Information System) para delimitar categorías geomorfológicas, reclasificar tipos de vegetación y delimitar unidades ambientales (UA). Las categorías geomorfológicas fueron obtenidas a través de un levantamiento geomorfológico sintético (Verstappen y Van Zuidam, 1991), mediante el cual a partir del modelo digital de elevación 1:250,000, se realizó la interpretación de formas de relieve, basándose en los procesos geomorfológicos, la geoforma, la pendiente y la altitud (Cuadro 1). Posteriormente, se hizo un levantamiento en el terreno (verificación) y se elaboró un mapa en formato raster, con 11 categorías geomorfológicas. La extensión de los tipos de vegetación se obtuvo a partir del Inventario Nacional Forestal (Palacio-Prieto et al., 2000), utilizando sólo las que sin duda contaban con árboles como elementos fisonómicos notables. Para la elaboración del mapa de unidades ambientales se realizó una sobreposición de la información de las categorías geomorfológicas y las de

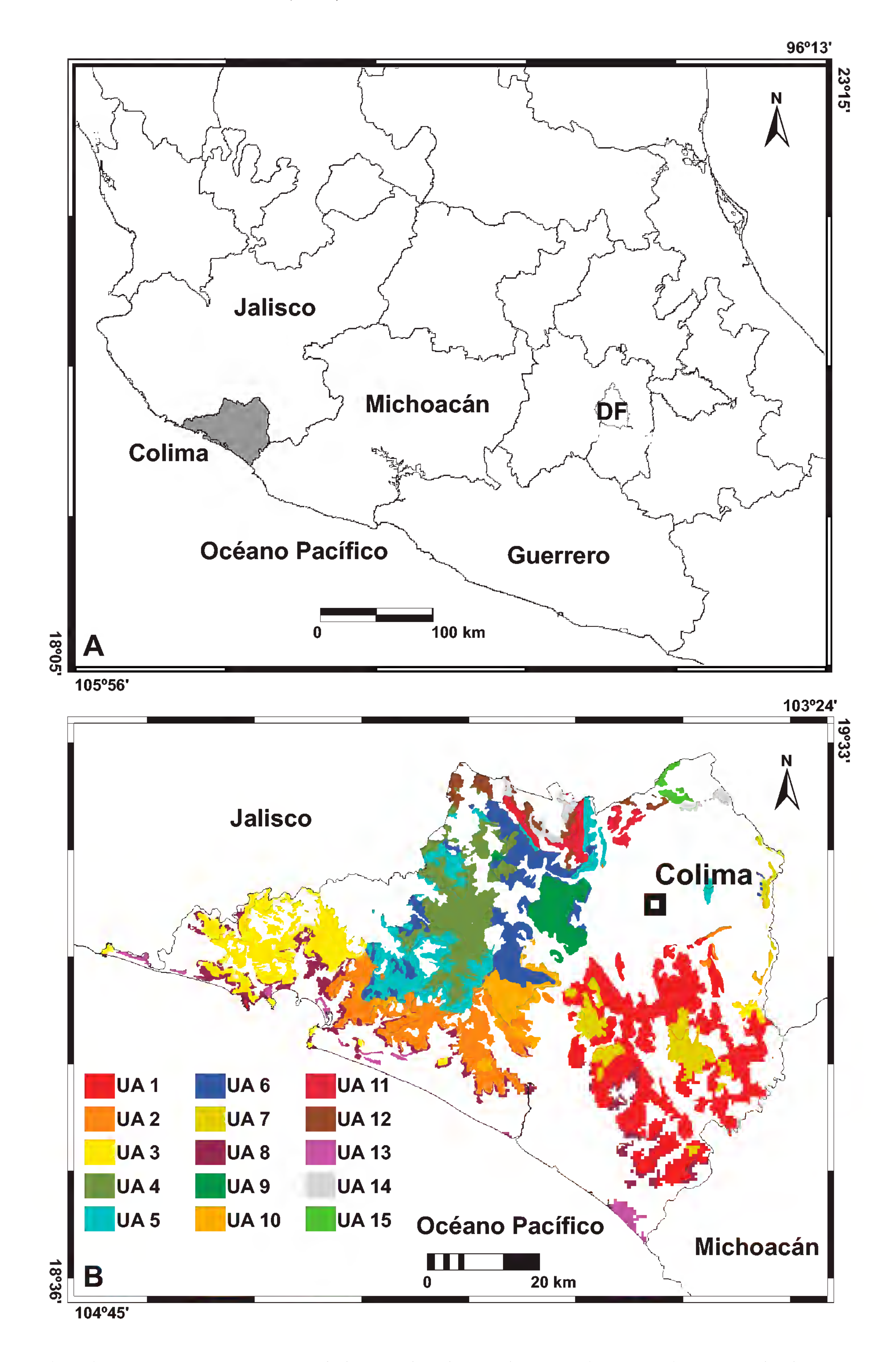


Fig. 1. A) Ubicación geográfica del estado de Colima. B) Distribución de las 15 unidades ambientales donde se establecieron los sitios de muestreo de la vegetación. Las áreas de color blanco son las categorías de uso de suelo no considerado en los análisis (p.e. vegetación acuática).

Cuadro 1. Atributos de geoforma, pendiente y altitud, los cuales sirvieron de base para obtener las categorías geomorfológicas de Colima.

Categoría geomorfológica	Geoforma (km^2)	Pendiente	Altitud (m s.n.m.)
1	Planicie baja (1051.6)	menor de 6°	0-100
2	Planicie alta (173.2)	menor de 6°	mayor de 100
3	Meseta baja (573.1)	3-6°	500-1000
4	Meseta alta (45.9)	3-6°	mayor de 1000
5	Piedemonte inferior (641.1)	3-15°	250-500
6	Piedemonte medio (1110.2)	3-15°	500-1000
7	Piedemonte superior (426.2)	3-15°	1000-1500
8	Lomeríos bajos (344.9)	6-20°	250-500
9	Lomeríos altos (960.5)	6-20°	500-1500
10	Montaña baja (145.2)	mayor de 20°	1000-2000
11	Montaña alta (84.5)	mayor de 20°	mayor de 2000

vegetación, con lo que se obtuvo una carta, en formato raster (pixel de 100 × 100 m), con 53 UA. Este mapa puede ser obtenido solicitándolo al primer autor.

Uno de los supuestos fundamentales en los gradisectos es que dentro de sus límites se debe representar la mayor heterogeneidad ambiental posible (Gillison, 1983), que en el presente estudio se traduce en la incorporación del mayor número posible de UA, combinando la cantidad, la orientación y el tamaño (largo × ancho) de los gradisectos. En este punto no existe una propuesta concreta, ya que ello depende de la heterogeneidad ambiental del área a inventariar. En la zona de estudio se hicieron varias combinaciones de los gradisectos, dirigiéndolos principalmente a lo largo del gradiente altitudinal del estado y tratando de incluir la mayoría de las UA (Fig. 2A). Para decidir si cuatro gradisectos eran representativos de las 53 UA definidas en Colima, se decidió que el porcentaje del área de las UA en Colima y en los gradisectos no debía exceder de ± 10% (Cuadro 2). Esta proporción de variación fue el mínimo que pudo cumplirse para todas las UA y en la figura 1B se muestran las 15 con mayor cobertura en el estado.

Para el adecuado muestreo de las UA se integraron al análisis dos consideraciones que permitieran optimizar el tiempo, el costo económico y el personal humano necesario para el muestreo. La primera de ellas consiste en ubicar los sitios de

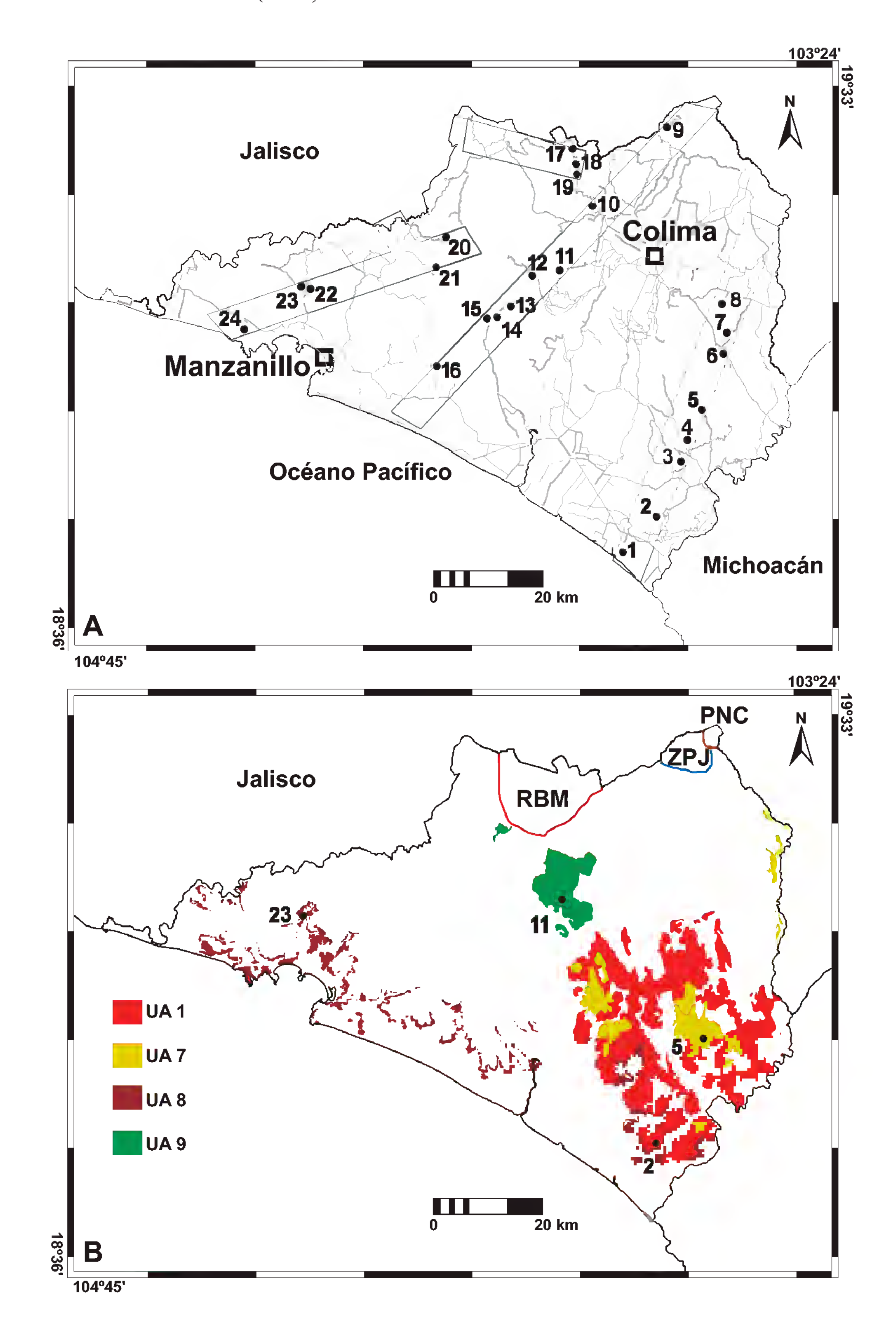


Fig. 2. A) Localización de los cuatro gradisectos usados en el presente estudio, indicando dentro de éstos los sitios de muestreo. También se muestra la red de caminos estatales (líneas grises). B) Ubicación de los sitios con mayor grado de coincidencia en los diferentes algoritmos usados (sitios 2, 5, 11 y 23) y distribución en Colima de las unidades ambientales (UA) donde éstos se encuentran. Los límites de los polígonos en Colima de las reservas naturales se señalan en color: rojo para la Reserva de la Biosfera Manantlán (RBM), azul pálido para el Área de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre El Jabalí (ZPJ) y en color pardo el Parque Nacional Nevado de Colima (PNC).

muestreo a una distancia no mayor de un kilómetro de alguna vía de comunicación (Margules y Redhead, 1995; Margules y Pressey, 2000). Para lograr este objetivo, la red de caminos de Colima (Anónimo, 1985) fue añadida como una capa adicional

Cuadro 2. Unidades ambientales en la cuales se ubicaron los 24 sitios de muestreo en Colima, arregladas con base en el tamaño de su área. Para cada unidad se indica el porcentaje en área que presenta en el estado, en los gradisectos y la diferencia entre ambos valores, el cual no debería sobrepasar ± 10%.

Unidades Ambientales	Sitios	Área Colima (%)	Área gradisectos (%)	Diferencia entre ambas áreas
1) Lomeríos altos-selva baja sub y caducifolia	2, 3, 4, 6, 7	10.03	13.02	2.99
2) Piedemonte inferior-selva baja sub y caducifolia	8, 16	4.57	5.04	0.47
3) Lomeríos bajos-selva baja sub y caducifolia	24, 22	4.55	12.74	8.19
4) Piedemonte medio-bosque de encino	20, 21	4.55	6.59	2.04
5) Piedemonte medio-selva baja sub y caducifolia	15, 10	4.18	6.13	1.95
6) Piedemonte medio-selva mediana sub y caducifolia	12, 13	3.67	8.96	5.29
7) Lomeríos altos-selva mediana sub y caducifolia	5	2.40	6.13	3.73
8) Planicie baja-selva baja sub y caducifolia	23	2.34	4.01	1.67
9) Montaña baja-selva mediana sub y caducifolia	11	1.82	7.35	5.53
10) Piedemonte inferior-selva mediana sub y caducifolia	14	1.82	2.32	0.5
11) Piedemonte superior-selva baja sub y caducifolia	19	1.15	3.49	2.34
12) Piedemonte superior-bosque de encino	18	0.86	3.13	2.27
13) Planicie baja-manglar	1	0.62	2.21	1.59
14) Piedemonte superior-bosque pino-encino	17	0.61	1.39	0.78
15) Montaña alta-bosque mesófilo de montaña	9	0.27	1.30	1.03

al mapa de las UA y de los gradisectos (Fig. 2A); las 15 UA elegidas previamente por su similar representatividad en Colima y en los gradisectos cumplieron también esta premisa (Figs. 1B, 2A). La segunda condición fue realizar un mayor esfuerzo de muestreo (5 sitios) en la UA con más superficie y en la medida que su área porcentual disminuyó, el muestreo se acotó a uno o dos sitios (Cuadro 2).

El método de Gentry (1982), ampliamente usado en el muestreo de comunidades tropicales, se empleó para censar la vegetación en los 24 sitios seleccionados, el cual consiste en 10 líneas de 50 × 2 m (0.1 ha), que se disponen de manera paralela entre sí respecto a la pendiente, con una distancia de separación de 25 m. Dentro de cada transecto se midieron e identificaron todos los árboles enraizados con un diámetro a la altura del pecho (d.a.p.) > 2.5 cm, incluyendo a las lianas arraigadas en los transectos que presentaron este diámetro en la base de su tallo. Se recolectaron ejemplares botánicos para su posterior identificación, la cual se realizó por medio de la revisión de floras regionales y ejemplares depositados en los herbarios IEB (Herbario del Centro Regional del Bajío del Instituto de Ecología, A.C.) y MEXU (Herbario Nacional del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México) o por consulta directa a taxónomos.

Para la selección de las áreas prioritarias se utilizaron los datos de los muestreos realizados y en un análisis independiente se añadieron las especies leñosas registradas en la Reserva de la Biósfera Sierra Manantlán (Cuevas et al., 1998) y en el Área de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre El Jabalí (Rothschild et al., 1992); para el caso de la primera se eliminaron las plantas registradas exclusivamente para el estado de Jalisco. De aquí en adelante ambas reservas sólo se mencionarán como Manantlán y El Jabalí, respectivamente.

El primero de los protocolos utilizados se basa en la riqueza de especies obtenidas en el muestreo. Este método se sustenta en la propuesta de Villaseñor et al. (2003), pero se modificó en el presente estudio en lo referente al porcentaje de especies con interés para su conservación (de 100% a sólo 75%). El algoritmo consiste de los siguientes pasos: 1) elegir el sitio que contenga la mayor riqueza de especies, las cuales ya no son consideradas en las fases subsecuentes del análisis; a las no eliminadas se les denomina el complemento, 2) se selecciona el lugar que contribuya con el mayor número de especies de este último, 3) cuando dos o más sitios contengan el mismo complemento, se elige el que incluya el mayor número de especies únicas al sitio, 4) en caso de que persista el empate, se escoge el que se encuentre más cercano a alguno de los seleccionados previamente, y 5) tal ejercicio se continúa hasta que 75% de las especies hayan sido incorporadas. Este mismo algoritmo se ejecutó con las plantas de distribución restringida a México que se obtuvieron en el muestreo; tal condición se

asignó para los taxones determinados hasta especie con base en Padilla-Velarde et al. (2006), mientras que para las lianas fue necesario consultar diversos trabajos florísticos (e. g. Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1993). Los ejercicios de selección con el total de especies y con el contingente endémico fueron repetidos añadiendo al análisis las especies de la flora leñosa de las reservas de Manantlán y El Jabalí.

Otro protocolo utilizado se basa en el valor de endemismo (VE), desarrollado por Kerr (1997) y modificado por Villaseñor y colaboradores (2003). En el presente trabajo se denominará como valor de rareza VR y se calcula con la siguiente fórmula:

$$VR = \sum_{i=1}^{S} Q^{-1}$$

donde S es la cantidad total de especies registradas en los muestreos y Q es el número de sitios ocupados por cada una de ellas. El algoritmo en este trabajo se obtiene de la manera siguiente: 1) se calcula el inverso de la frecuencia de los sitios donde se ha registrado cada especie en el área de estudio, 2) se calcula el VR por sitio, el cual se obtiene de la suma del inverso de las frecuencias de las presentes en cada sitio particular, 3) el lugar con mayor prioridad de conservación será el que tenga el monto más alto de VR, 4) las especies del sitio elegido se eliminan de las fases subsecuentes del análisis, 5) hecha esta exclusión, se debe recalcular el VR de cada sitio y el elegido para ser conservado será otra vez el que tenga el mayor de este algoritmo, 6) en caso de que dos o más sitios tengan un coeficiente similar, se elige aquel que tenga la mayor riqueza de taxones endémicos, 7) si persiste el empate, se elige el más cercano a alguno de los previamente seleccionados y 8) el procedimiento termina cuando se ha logrado la inclusión de 75% de las especies. Este algoritmo fue calculado también con el contingente florístico de los árboles y lianas de las reservas de Manantlán y El Jabalí. Finalmente, el último ejercicio consiste en la selección de los sitios con base en el número de individuos de las especies endémicas que albergan, es decir, priorizándolos de acuerdo con los valores más altos de abundancia de los taxones restringidos a México; el ejercicio finaliza cuando se incluye al menos 75% de los individuos.

RESULTADOS

En los 24 sitios muestreados (2.4 ha) se registraron 4419 plantas con un d.a.p. ≥ 2.5 cm, que representan un total de 417 especies (355 arbóreas y 62 lianas), agrupadas

en 200 géneros y 71 familias, que incluyen un total de 76 especies endémicas de México (75 arbóreas y una liana). El grado de determinación taxonómica fue de 297 a nivel de especie (256 fueron árboles y 41 lianas), 37 a género, 75 a familia y 8 morfoespecies. El sitio con mayor riqueza fue el número 11 (UA 9 montaña baja-selva mediana sub y caducifolia) con 82 especies (Cuadro 3), mientras que el valor más bajo (5 especies) se obtuvo en el sitio 1 (UA 13 planicie baja-manglar). El sitio 5 (UA 7 lomeríos altos-selva mediana sub y caducifolia) presentó la mayor riqueza de elementos endémicos con 22 especies, superando sólo con una al 11; el sitio 1 fue el único en carecer de taxones de distribución restringida (Cuadro 3). De acuerdo con el coeficiente de correlación de Pearson, el número de especies de los sitios se vincula de manera positiva y significativa con el que presentan las endémicas ($r = 0.85$, $P < 0.001$).

Con respecto a los protocolos de conservación utilizados, la priorización basada en la riqueza de especies requiere de 10 sitios para incluir bajo algún esquema de conservación a 75% de las leñosas (Cuadro 4). El sitio 11 ocupa el primer lugar, ya que contribuye con cerca de 20% de la diversidad total. El 5 adiciona 54 especies a las ya protegidas con la opción anterior, logrando con ello abarcar 32.7% de los taxones. Ocho sitios adicionan paulatinamente elementos hasta alcanzar el objetivo con el 12 (77.9%). El análisis con la riqueza de especies endémicas indica que se requieren seis sitios para lograr conservar 80.2% de éstas, si bien la secuencia de prioridad obtenida es diferente al ejercicio de riqueza (Cuadro 4). En este caso, el sitio 5 es el más importante, ya que comprende 30.2% de los endemismos y al añadir el 23 se resguardaría 46% del componente de distribución restringida. De los seis sitios seleccionados con las endémicas, únicamente el 2 no figura en los priorizados por el algoritmo de riqueza total.

El valor de rareza seleccionó 12 sitios para proteger 76.2 % de las especies registradas (Cuadro 4) y nuevamente hay coincidencias de selección con los algoritmos previos, ya que se comparten las localidades más importantes (5 y 9). La 9 resultó la primera prioridad de conservación, con 11.1% de las especies. El último ejercicio basado en la abundancia de los elementos endémicos indica que son necesarios 12 sitios para incluir a 75% de los individuos (Cuadro 4). Entre los cinco más importantes al respecto está el 6 (168 individuos) y le siguen en prioridad el 2 (129), el 19 (121), el 10 (119) y el 11 (114); éstos contienen 37.4% de los elementos endémicos. Tomando en cuenta las prioridades de los cuatro algoritmos, los sitios 5, 9, 11, 19 y 23 se ubican dentro de las seis primeras en al menos tres de los procedimientos usados.

Con excepción del ejercicio de priorización basado en la abundancia de especies endémicas, los demás fueron repetidos añadiendo las de árboles y lianas (255)

de las áreas naturales protegidas de Colima (Cuadro 5), lo que en conjunto con las registradas en las 24 parcelas de muestreo determinadas hasta especie (297) dan un total de 552. El ejercicio de riqueza señala que Manantlán es la de mayor importancia, ya que comprende cerca de la mitad (53.4%) de todas las especies leñosas

Cuadro 3. Número de especies (total y endémicas a México) y su respectiva abundancia por sitio para las lianas y árboles de Colima.

Sitio	Total de especies	Número de individuos	Especies endémicas	Número de individuos
1	5	84	0	0
2	55	233	20	129
3	43	220	15	104
4	60	170	18	53
5	76	193	22	88
6	43	242	19	168
7	26	176	12	103
8	39	181	17	81
9	35	62	6	18
10	70	279	17	119
11	82	322	21	114
12	66	139	17	40
13	67	237	14	57
14	61	191	14	48
15	76	225	16	47
16	57	217	14	70
17	20	91	4	9
18	25	65	6	15
19	47	232	14	121
20	7	71	3	51
21	7	87	3	80
22	68	234	17	89
23	67	247	19	108
24	60	221	10	25

Cuadro 4. Prioridades de conservación para la flora leñosa del estado de Colima con base en cuatro algoritmos de selección. En cada prioridad se indica el sitio de muestreo seleccionado, el número de especies que conserva (total y especies endémicas), el valor de rareza y el número de individuos (densidad) de las especies endémicas. El porcentaje del total acumulado por sitio para los distintos algoritmos se muestra entre paréntesis. Los sitios coincidentes en las seis primeras posiciones y en al menos tres de los ejercicios utilizados se señalan en negritas.

Prioridad	Riqueza total		Riqueza endémicas		Valor de rareza		Densidad de endémicas	
	Sitio	Especies (N=417)	Sitio	Especies (N=76)	Sitio	Especies (N=417)	Sitio	Núm. individuos (N=1737)
1	**11**	82 (19.7)	**5**	23 (30.2)	**9**	29.6 (11.1)	6	168 (9.6)
2	**5**	54 (32.7)	**23**	12 (46.0)	**11**	26.4 (21.0)	2	129 (17.0)
3	15	37 (41.6)	**19**	8 (56.5)	**5**	22 (29.3)	**19**	121 (24.0)
4	**9**	29 (48.6)	2	8 (67.1)	24	18.4 (36.2)	10	119 (30.9)
5	**23**	26 (54.8)	**9**	5 (73.6)	**19**	17.8 (42.9)	**11**	114 (37.4)
6	19	25 (60.8)	15	5 (80.2)	13	15.7 (48.8)	**23**	108 (43.6)
7	13	21 (65.9)	6	4 (85.5)	16	14.8 (54.4)	3	104 (49.6)
8	24	19 (70.4)	10	3 (89.4)	12	12.9 (59.2)	7	103 (55.6)
9	16	17 (74.5)	12	2 (92.1)	23	12.4 (63.9)	22	89 (60.7)
10	12	14 (77.9)	18	1 (93.4)	4	11.3 (68.1)	5	88 (65.8)
11	18	13 (81.0)	14	1 (94.7)	17	10.8 (72.2)	8	81 (70.4)
12	4	12 (83.9)	8	1 (96.0)	22	10.5 (76.2)	21	80 (75.0)

(Cuadro 5); los territorios de ambas reservas protegen 67.4% (372) de todos los taxones. Posterior a esta selección, se requieren dos sitios para alcanzar el objetivo de proteger 75% de las especies. Cuando se implementa el ejercicio de conservación, ahora con 120 endémicas a México (76 obtenidas en los sitios de muestreo y 44 que agregan las reservas), se requiere únicamente del sitio 2 y del contingente de ambas reservas para contar con 80% de las especies (Cuadro 5). Nuevamente Manantlán desempeña un papel preponderante al proteger 68.3% de los elementos endémicos, con un complemento modesto de la reserva El Jabalí (5 especies).

El ejercicio realizado con los valores de rareza requirió, además de las dos reservas incluidas en el análisis, de un sitio más para incorporar 75% de las especies y su resultado es similar al obtenido con la riqueza total (Cuadro 5). Al igual que los casos anteriores, las reservas contribuyen con más de 65% del objetivo de conservación (Cuadro 5). Únicamente los sitios 9 y 23 fueron seleccionados consistentemente en los tres algoritmos usados.

Cuadro 5. Prioridades de conservación para la flora leñosa del estado de Colima con base en tres algoritmos de selección, tomando en cuenta la presencia de las especies en los 24 sitios censados y en las reservas de Colima (RBM, Reserva de la Biosfera Manantlán; APJ, Área de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre El Jabalí). En cada prioridad se indica el sitio seleccionado, el número de especies que conserva (total y especies endémicas) y el valor de rareza. El porcentaje del total acumulado por localidad para los distintos algoritmos se muestra entre paréntesis.

Prioridad	Riqueza total		Riqueza endémicas		Valor de rareza	
	Sitio	Especies (N = 552)	Sitio	Especies (N = 120)	Sitio	Especies (N = 552)
1	RBM	295 (53.4)	RBM	82 (68.3)	RBM	208.8 (55.3)
2	APJ	77 (67.4)	APJ	5 (72.5)	APJ	68.9 (73.5)
3	11	36 (73.9)	2	11 (80.0)	9	13.8 (77.2)
4	5	22 (77.9)	23	8 (86.7)	5	10.7 (80.0)
5	15	16 (80.8)	8	4 (90.0)	24	7.8 (82.1)
6	9	13 (83.2)	9	3 (92.5)	10	7.2 (84.0)
7	23	13 (85.5)	12	2 (94.2)	16	6.4 (85.7)
8	3	10 (87.3)	10	2 (95.8)	23	6.2 (87.3)

La figura 2A muestra la disposición geográfica de los sitios que resultaron más importantes en los dos tipos de análisis de este trabajo (muestreo e inclusión de reservas) y se observa que tanto el 9 como el 19 se encuentran en el territorio de las reservas naturales. De esta manera cobra especial significancia la protección de las localidades 5, 11 y 23, al no ubicarse dentro de alguna de las áreas de protección de Colima. Otro sitio que convendría destacar es el 2, ya que ocupa posiciones relevantes respecto a su endemismo en los ejercicios con o sin reservas (Cuadros 4 y 5). Las UA en las que se distribuyen estos cuatro sitios abarcan en conjunto 16.6% (919.6 km^2) de la superficie estatal.

DISCUSIÓN

El uso de los gradisectos permitió obtener un listado de 355 especies de árboles (256 determinadas a nivel de especie) y 62 de lianas (41 especies), durante aproximadamente seis meses de trabajo, lo que incluye el tiempo de muestreo y

las labores de determinación del material recolectado. Si se consideran únicamente los taxones determinados a nivel de especie, los gradisectos permitieron cuantificar 46.5% de las 550 especies arbóreas registradas por Padilla-Velarde et al. (2006) para Colima, cuyo trabajo requirió realizar colectas de campo intensivas durante un año y la revisión de ejemplares de herbario colectados previamente durante varios años de exploración botánica. El porcentaje de endemismo fue cercano entre ambos estudios, ya que para todo el estado se registra un valor de 43.4%, mientras que en el presente estudio fue de 29.2%.

Además de la menor demanda de recursos económicos, de tiempo y personal especializado invertidos en cuantificar un alto número de especies árboles y lianas, una ventaja adicional de este muestreo es que permite asociar una determinada composición de plantas a cada una de las variables utilizadas en la estratificación ambiental (geomorfología, altitud y tipo de vegetación) y en caso de interés futuro realizar análisis predictivos sobre la distribución de taxones particulares (Guisan y Thuiller, 2005; Sánchez-Cordero et al., 2005; Pawar et al., 2007; Téllez et al., 2010), para hacer inferencias sobre su estado de conservación en el estado.

Por otro lado, la utilización de UA en evaluaciones de diversidad biológica es un asunto controversial, ya que su definición depende de la precisión de las variables que se usan para delimitarlas (Margules y Redhead, 1995; Gaston, 1996). Sin embargo, su uso se ha justificado en aras de mejorar la eficiencia de los recursos para el diseño de muestreos a nivel de paisaje (Kirkpatrick y Brown, 1994; Jayasuriya y Abayawaradana, 2008). Otro aspecto que se discute para las UA es que una mayor estratificación ambiental puede generar un esquema de áreas de conservación mucho más definido. Si bien se puede estar de acuerdo con la afirmación anterior, agregar más variables ambientales incrementa el número de UA que se pueden reconocer en una región y, por lo tanto, los recursos necesarios para implementar un muestreo representativo. Para el caso específico de Colima, por ejemplo, al sumar otra variable ambiental a las empleadas en el presente estudio (e. g. tipo de suelo con 16 clases), el número de UA se eleva de 53 a 241, haciendo poco práctica la cuantificación de su riqueza vegetal.

También se puede cuestionar la representatividad de los resultados al no inventariar todas las UA que se delimitaron para Colima, ya que éstas podrían contener una alta riqueza de especies o de endemismos. La exclusión de estas unidades fue justificada, ya que debido a su inaccesibilidad, su muestreo hubiera incrementado los costos económicos del proyecto y los recursos humanos calificados que se requieren para esta tarea. Otra razón adicional para desestimar su estudio es que sólo representan 8.4% del estado de Colima y estas pequeñas superficies son más

vulnerables a sufrir efectos de borde o tienen una mayor probabilidad de ser eliminadas por perturbaciones naturales o antropogénicas.

El tema central de este trabajo es la ubicación y orden de las prioridades de conservación. La importancia de los sitios 5, 9, 11, 19 y 23 es notable, ya que se ubican entre las seis primeras opciones en tres de los cuatro algoritmos de selección empleados (Cuadro 4). En este sentido destaca el alto grado de coincidencia entre las áreas más ricas en especies y las que presentan un elevado grado de endemismo, un hallazgo que también ha sido documentado para otros grupos de plantas en México (García-Mendoza, 1995; Villaseñor e Ibarra-Manríquez, 1998; Ibarra-Manríquez et al., 2002; Lira et al., 2002; Villaseñor et al., 2003). No obstante, es necesario recordar que los resultados obtenidos con inventarios de vertebrados muestran una tendencia opuesta, lo que hace que una selección de áreas prioritarias para estos grupos sea más complicada de alcanzar (Flores-Villela, 1993; Escalante-Pliego et al., 1993; Fa y Morales, 1993; Peterson et al., 1993; Prendergast et al., 1993).

La inclusión de las áreas de protección previamente establecidas en los ejercicios de priorización de sitios para la conservación se ha considerado pertinente para maximar la complementariedad en los atributos a preservar y evitar su redundancia cuando los recursos dedicados al respecto, como usualmente sucede, son limitados (Rebelo, 1994; Margules et al.,1994; Barnard et al., 1998; Margules y Pressey, 2000; Ceballos, 2007; Pinto y Grelle, 2009). Al realizar este tipo de ejercicio para Colima se revela que la aportación de las reservas para la protección de su flora leñosa es sumamente importante, ya que albergan 67.4% de la riqueza, 72.5% del endemismo y 73.5% del índice de valor de rareza de las especies (Cuadro 5), sobre todo si se considera que ocupan únicamente 2.7% del territorio del estado. Aunado a lo anterior, ocho especies en tres distintas categorías de amenaza de la NOM-059 (Anónimo, 2010) se registran para Manantlán: I) amenazadas (*Albizia occidentalis* Brandegee, *Astronium graveolens* Jacq., *Guaiacum coulteri* A. Gray, *Sideroxylon capiri* (A. DC.) Pittier y *Tabebuia chrysantha* G. Nicholson), II) en peligro de extinción (*Litsea glaucescens* Kunth) y III) sujetas a protección especial (*Saurauia serrata* DC. y *Cnidoscolus autlanensis* Breckon). El establecimiento de esta reserva, a pesar de basarse inicialmente en la protección de una “Especie Bandera” (*Zea diploperennis* H.H. Iltis, Doebley & R. Guzmán, Poaceae), ha sido favorable para la conservación de un alto número de plantas de Colima, particularmente de elementos endémicos a México. También destaca el hecho de que Manantlán cuenta con una estrategia que concilia la conservación y el manejo de recursos (Jardel et al., 2006), lo que le ha permitido desempeñar un papel efectivo en la protección de la biodiversidad (Ceballos, 2007; Figueroa y Sánchez-Cordero, 2008).

Los sitios 5, 9 y 23 son los más complementarios a la riqueza que albergan las reservas de Colima, los cuales coinciden en las seis primeras prioridades en al menos dos de los algoritmos usados (Cuadro 5), aunque es importantte destacar que el 9 queda dentro del Parque Nacional Volcán de Colima. En conjunto con los sitios 5 y 23, sería interesante considerar el 2, ya que es el más complementario en su componente endémico al que se localiza en las reservas (Cuadro 5) y el que ocupó la cuarta posición al respecto en el ejercicio que no consideró a éstas (Cuadro 4). Una situación similar se observa con el sitio 11, el primero con mayor riqueza después de Manantlán y El Jabalí (Cuadro 5) y en donde se registró el número más alto de especies de los sitios muestreados (Cuadro 3).

En conclusión, las UA donde se localizan los sitios 2, 5, 11 y 23 resultan ser las de mayor importancia en esquemas futuros de conservación de Colima, porque su ubicación está fuera de las actuales áreas de protección (Fig. 2). Debido a que la distribución de estas UA no es continúa, establecer una nueva reserva no sería sencillo. Sin embargo, una opción viable sería contar con un sistema de corredores protegidos con vegetación nativa conservada entre las UA donde se localizan los sitios más cercanos (2, 5 y 11), las que incluso podrían eventualmente conectarse con la porción sureña de la reserva de Manantlán (Fig. 2B), aminorando los efectos de la falta de continuidad de los hábitats.

Adicionalmente, en la propuesta de áreas de conservación sería igualmente recomendable agregar tipos de vegetación, que si bien no sobresalen por su riqueza arbórea, son valiosos por la notable diversidad que albergan de otras formas de crecimiento vegetal (e. g. las hierbas) como es el caso de los bosques de *Pinus*-*Quercus* (UA 4 o 14) o bien los manglares (UA 13). Estos últimos, son comunidades especialmente amenazadas por los cambios de uso de suelo en Colima y que además de contener especies en la categoría de amenaza sujetas a protección especial (*Avicennia germinans* (L.) L., *Conocarpus erectus* L., *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. y *Rhizophora mangle* L., Anónimo, 2010), son reconocidos a nivel mundial por ser un enlace de importantes procesos de flujo de energía entre los ecosistemas terrestres y los estuarinos costeros (Lugo y Snedaker, 1974).

Se espera que los resultados de esta investigación fomenten el interés por caracterizar la distribución de otros grupos de plantas y animales en la zona de estudio y promuevan la gestión de nuevas áreas de protección tomando en cuenta aspectos económicos, políticos y socialmente aceptables, que les aseguren una viabilidad a largo plazo. Este complejo ejercicio es urgente de realizar si se desean preservar muestras representativas de la biodiversidad de los árboles y las lianas de Colima.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento del trabajo de campo (Proyecto 33067-V). Este estudio formó parte de la tesis de maestría del primer autor, desarollada en el Posgrado de Ciencias Biólogicas de la Universidad Nacional Autónoma de México, para la cual contó con una beca crédito del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Se agradece la colaboración en el trabajo de campo de Abraham Ramos López, Libertad Arredondo Amezcua, Miguel Ángel Salinas Melgoza, María de las Nieves Barranco León, Ana Guadalupe Rocha Loredo, Ana Patricia del Castillo Batista y Roberto Carlos Sáyago Lorenzana. Diversos problemas relacionados con el SIG fueron resueltos con la ayuda del Dr. Jesús Fuentes Junco, mientras que los relacionados con el manejo de bases de datos fueron resueltos por el MTI. Heberto Ferreira Medina y el Ing. Alberto Valencia García. También se reconoce la intervención del Dr. Gerardo Bocco Verdinelli y del M. en C. Luis M. Morales M. para obtener los archivos sobre el modelo digital de elevación de Colima. Por úlitmo se agradece a la M. en C. Leonor Solís Rojas por su ayuda en la vectorización de los gráficos de este manuscrito.

LITERATURA CONSULTADA

Anónimo. 1981. Síntesis geográfica de Colima. Coordinación General de Estadística Geografía e Informática, Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F., México. 31 pp.

Anónimo. 1983. Carta edafológica 1:250 000 E13-4-5, E13-6 y E13-6-9. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, D.F., México.

Anónimo. 1985. Red de carreteras. Escala 1:1000 000. Digital Chart of the World. México.

Anónimo. 2001. Información geográfica por entidad federativa: Colima. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. http://www.inegi.gob.mx/entidades/espanol/fcol.html (Consultado 25 octubre 2010).

Anónimo. 2010. Norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 2a. Sección. 30 de diciembre de 2010. México, D.F., México. pp. 1-78.

Austin, M. P. y P. C. Heyligers. 1991. New approach to vegetation survey design: gradsect sampling. In: Margules, C. R. y M. P. Austin (eds.). Nature conservation: cost-effective biological surveys and data analysis. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Canberra, Australia. pp. 31-36.

Barnard, P., C. J. Brown, A. M. Jarvis, A. Robertson y L. van Rooyen. 1998. Extending the Namibian protected area network to safeguard hotspots of endemism and diversity. Biodivers. Conserv. 7: 531-547.

Caldecott, J. O., M. D. Jenkins, T. H. Johnson y B. Groombridge. 1996. Priorities for conserving global species richness and endemism. Biodivers. Conserv. 5: 699-727.

Cardoso, P., I. Silva, N. G. de Oliveira y A. Serrano. 2004. Indicator taxa of spider (*Araneae*) diversity and their efficiency in conservation. Biol. Conserv. 120: 517-524.

Ceballos, G. 2007. Conservation priorities for mammals in megadiverse Mexico: the efficiency of reserve networks. Ecol. Appl. 17: 569-578.

Cuevas, R., N. M. Núñez-López, L. Guzmán-Hernández y F. J. Santana-Michel. 1998. El bosque tropical caducifolio en la reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. Bol. Bot. Univ. Guad. 5: 445-491.

Dávila, P. y V. Sosa. 1994. El conocimiento florístico de México. Bol. Soc. Bot. Méx. 55: 21-27.

Di Castri, F., J. R. Vernhes y T. Younès. 1992. Inventorying and monitoring biodiversity: a proposal for an international network. Biol. Int. Special Issue 27: 1-28.

Escalante-Pliego, P., A. G. Navarro y A. T. Peterson. 1993. A geographic, ecological, and historical analysis of land bird diversity in Mexico. In: Ramamoorthy, T. P. (ed.). Biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press. New York, USA. pp. 279-304.

Fa, J. E. y L. M. Morales. 1993. Patterns of mammals diversity in Mexico. In: Ramamoorthy, T. P. (ed.). Biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press. New York, USA. pp. 315-352.

Finch, O. D. y J. Löffler. 2010. Indicators of species richness at the local scale in an alpine region: a comparative approach between plant and invertebrate taxa. Biodivers. Conserv. 19: 1341-1352.

Figueroa, F. y V. Sánchez-Cordero. 2008. Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. Biodivers. Conserv. 17: 3223-3240.

Fleishman, E., J. R. Thomson, R. Mac Nally, D. D. Murphy y J. P. Fay. 2005. Using indicator species to predict species richness of multiple taxonomic groups. Conserv. Biol. 19: 1125-1137.

Flores-Villela, O. 1993. Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism. In: Ramamoorthy, T. P. (ed.). Biological diversity of Mexico: origins and distribution. Oxford University Press. New York, USA. pp. 251-278.

Flores-Villela, O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 439 pp.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 252 pp.

García-Mendoza, A. 1995. Riqueza y endemismos de la familia Agavaceae en México. In: Linares, E., P. Dávila, F. Chiang, R. Bye y T. Elias (eds.). Conservación de plantas en peligro de extinción: diferentes enfoques. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. pp. 51-75.

Gaston, K. J. 1996. Species richness: measure and measurement. In: Gaston, K. J. (ed.). Biodiversity: A biology of numbers and difference. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK. pp. 77-113.

Gentry, A. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. In: Hecht, M. K., B. Wallace y G. T. Prance (eds.). Evolutionary biology. Plenum Press. New York, USA. pp. 1-84.

Gillison, A. N. 1983. Gradient oriented sampling for resource surveys: the gradsect method. In: Myers, K., C. R. Margules e I. Musto (eds.). Survey methods for nature conservation. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. Canberra, Australia. pp. 349-374.

Guisan, A. y W. Thuiller. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecol. Letters 8: 993-1009.

Halffter, G. y M. E. Favila. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera): an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforests and modified landscapes. Biol. Int. 27: 15-21.

Ibarra-Manríquez, G., J. L. Villaseñor, R. Durán y J. Meave. 2002. Biogeographical analysis of the tree flora of the Yucatan Peninsula. J. Biogeo. 29: 17-29.

Jardel, P. E. J., E. Santana C. y S. H. Graf M. 2006. Investigación científica y manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. In: Oyama, K. y A. Castillo (coord.). Manejo, conservación y restauración de recursos naturales de México. Perspectivas desde la investigación científica. Universidad Nacional Autónoma de México y Siglo XXI editores. México, D.F., México. pp. 127-153.

Jayasuriya, A. H. M. y S. D. Abayawardana. 2008. A study to determinate the changes in the biodiversity values of southern Sinharaja and Kanneliya forest after the implementation of GEF medium sized project. Global Environmental Facility and United Nations Development Programme. Colombo, Sri Lanka. 67 pp.

Kerr, T. J. 1997. Species richness, endemism and the choice of areas for conservation. Conserv. Biol. 11: 1094-1100.

Kirkpatrick, J. B. y M. J. Brown. 1994. A comparison of direct and environmental domain approaches to planning reservation of forest higher plant communities and species in Tasmania. Conserv. Biol. 8: 217-224.

Lira, R., J. L. Villaseñor y E. Ortiz. 2002. A proposal for the conservation of the family Cucurbitaceae in Mexico. Biodivers. Conserv. 11: 1699-1720.

Lugo A. E. y S. C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5: 39-64.

Margules, C. R. y M. B. Usher. 1981. Criteria used in assessing wildlife conservation potential: a review. Biol. Conserv. 21: 79-109.

Margules, C. R., A. O. Nicholls y R. L. Pressey. 1988. Selecting networks of reserves to maximize biological diversity. Biol. Conserv. 43: 63-76.

Margules, C. R., I. D. Cresswell y A. O. Nicholls. 1994. A scientific basis for establishing networks of protected areas. In: Forey, L., C. J. Humphries y R. I. Vane-Wright (eds.). Systematic and conservation evaluation. Clarendon Press. Oxford, UK. pp. 327-350

Margules, C. R. y T. D. Redhead. 1995. Guidelines for using the BioRap methodology and tools. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. Canberra, Australia. 70 pp.

Margules, C. R. y R. L. Pressey. 2000. Systematic conservation planning. Nature 405: 243-253.

Margules, C. R., R. L. Pressey y P. H. Williams. 2002. Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. J. Bioscience 27: 309-326.

Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. da Fonseca y J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.

Olson, D. M. y E. Dinerstein. 2002. The global 200: priority ecoregions for global conservation. Ann. Missouri Bot. Gard. 89: 199-224.

Padilla-Velarde, E., R. Cuevas-Guzmán, G. Ibarra-Manríquez y S. Moreno-Gómez. 2006. Riqueza y biogeografía de la flora arbórea del estado de Colima, México. Rev. Mex. Biodiv. 77: 271-295.

Padilla-Velarde, E., R. Cuevas-Guzmán y S. D. Koch. 2008. Plantas vasculares y vegetación de la parte alta del arroyo Agua Fría, municipio de Minatitlán, Colima, México. Act. Bot. Mex. 84: 25-72.

Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mas, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta, J. Prado-Molina, A. Rodríguez-Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. Invest. Geogr. Bol. Inst. Geog. 43: 183-203.

Pawar, S., M. S. Koo, C. Kelley, M. F. Ahmed, S. Chaudhuri y S. Sarkar. 2007. Conservation assessment and prioritization of areas in Northeast India: priorities for amphibians and reptiles. Biol. Conserv. 136: 346-361.

Peterson, A. T., O. A. Flores-Villela, L. S. León-Paniagua, J. E. Llorente-Bousquets, M. A. Luis-Martínez, A. G. Navarro-Singüenza, M. G. Torres-Chávez e I. Vargas-Fernández. 1993. Conservation priorities in Mexico: moving up in the world. Biodivers. Letters 1: 33-38.

Pinto, M. P. y C. E. V. Grelle. 2009. Reserve selection and persistence: complementing the existing Atlantic Forest reserve system. Biodivers. Conserv. 18: 957-968.

Prendergast, J. R., R. W. Quinn, J. H. Lawton, B. C. Eversham y D. W. Gibbons. 1993. Rare species, the coincidence of diversity hotspot and conservation strategies. Nature 365: 335-337.

Pressey, R. L., I. R. Johnson y P. D. Wilson. 1994. Shades of irreplaceability: towards a measure of the contribution of sites to a reservation goal. Biodivers. Conserv. 3: 242-262.

Pressey, R. L. y K. H. Taffs. 2001. Sampling of land types by protected areas: three measures of effectiveness applied to western New South Wales. Biol. Conserv. 101: 105-117.

Raven, P. y E. O. Wilson. 1992. A fifty-year plan for biodiversity surveys. Science 258: 1099-1100.

Rebelo, A. G. 1994. Iterative selection procedures: centers of endemism and optimal placement of reserves. Strelitzia 1: 231-257.

Rothschild, B., E. J. Lott y A. Sanders. 1992. A report to the Fundación Ecológica Cuixmala on the floristic surveys of 1990-91 of the Cuixmala-Cumbres and El Jabalí Reserves in Mexico. Fundación Ecológica Cuixmala. México, D.F. 134 pp.

Rzedowski, J. y R. McVaugh. 1966. La vegetación de Nueva Galicia. Contrib. Univ. Mich. Herb. 9: 1-123.

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1993. Bignoniaceae. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes 22: 1- 44.

Sánchez-Cordero, V., P. Illoldi-Rangel, M. Linaje, S. Sarkar y A. T. Peterson. 2005. Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. Biol. Conserv. 126: 465-473.

Schmit, J. P., G. M. Mueller, P. R. Leacock, J. L. Mata, Q. Wu y Y. Huang. 2005. Assessment of tree species richness as a surrogate for macrofungal species richness. Biol. Conserv. 121: 99-110.

Stork, N. E. 1994. Inventories of biodiversity: more than a question of numbers. In: Forey, P. L., C. J. Humphries y R. I. Vane-Wright. (eds.). Systematic and conservation evaluation. Clarendon Press. Oxford, UK. pp. 81-100.

Téllez, O., V. Farías, P. Dávila, J. L. Stein, R. Lira y F. Botello. 2010. Mammalian diversity in climatic domains for Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico. Rev. Mex. Biodiv. 81: 863-874.

Verstappen, H. T. y R. A. van Zuidam. 1991. The ITC system of geomorphologic survey. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Enschede. Holanda. 89 pp.

Villaseñor, J. L. y G. Ibarra-Manríquez. 1998. La riqueza arbórea de México. Bol. Inst. Bot. Univ. Guad. 5: 95-105.

Villaseñor, J. L., G. Ibarra-Manríquez, J. A. Meave y E. Ortiz. 2003. Biogeografía y conservación de los bosques tropicales húmedos de México. In: Llorente, J. y J. J. Morrone (eds.). Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. pp. 209-216.

Virolainen, K. M., P. Alroth, E. Hyvarinen, E. Korkeamaki, J. Mattila, J. Paivinen, T. Rintala, T. Suomi y J. Suhonen. 2000. Hot spots, indicator taxa, complementarity and optimal networks of taiga. Proc. Biol. Sci. 267: 1143-1147.

Wessels, K. J., A. S. Van Jaarsveld, J. D. Grimbeek y M. J. Van Der Linde. 1998. An evaluation of the gradsect biological survey method. Biodivers. Conserv. 7: 1093-1121.

Recibido en enero de 2011.

Aceptado en diciembre de 2011.



Acta Botanica Mexicana 99: 55-72 (2012)

ARBUTUS BICOLOR (ERICACEAE, ARBUTEAE), A NEW SPECIES FROM MEXICO

M. Socorro González-Elizondo[1,3], Martha González-Elizondo[1] and Paul D. Sørensen[2]

[1]Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, 34220 Durango, Durango, México.
[2]Northern Illinois University, Rm 140 Faraday Hall, DeKalb, IL 60115, U.S.A.
[3] Author for correspondence: herbario_ciidir@yahoo.com.mx

ABSTRACT

Arbutus bicolor S. González, M. González et P. D. Sørensen, sp. nov. is described and illustrated. It is related to *A. xalapensis* H.B.K. and has been generally misidentified as *A. glandulosa* M. Martens & Galeotti, a synonym of the latter name. The new species is distinguished by having densely glandular pubescent branchlets and petioles; markedly bicolored leaves that are whitish to pale ochroleucous below due to a dense and uniform indument of tightly curled hairs, leaves red at senescence; and pink, rarely white flowers. *Arbutus bicolor* is widely distributed in the Sierra Madre Occidental and the Transvolcanic Belt and reaches the western slopes of the Sierra Madre Oriental in central Mexico. Sporadic hybridization occurs with *A. madrensis* S. González, *A. occidentalis* McVaugh & Rosatti, *A. tessellata* Sørensen, and *A. xalapensis*. A key to distinguish *A. bicolor* from other Mexican tree species of *Arbutus* is provided.

Key words: *Arbutus glandulosa, Arbutus xalapensis*, hybridization, madrone, systematics.

RESUMEN

Se describe e ilustra a *Arbutus bicolor* S. González, M. González et P. D. Sørensen, sp. nov., especie relacionada con *A. xalapensis* H.B.K., que ha sido por largo tiempo identificada erróneamente como *A. glandulosa* M. Martens & Galeotti, un sinónimo de

esta última. Se diferencia de *A. xalapensis* por tener las ramillas y pecíolos densamente glandular pubescentes, las hojas marcadamente bicolores con envés blanquecino a ocre pálido debido a la presencia de indumento denso y uniforme de pelos apretadamente crespos, las hojas de color rojo intenso en la senescencia, así como las flores de color rosa o raramente blanco. *Arbutus bicolor* está ampliamente distribuida en la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico, alcanzando la vertiente occidental de la Sierra Madre Oriental. Se registran híbridos esporádicos con *A. madrensis* S. González, *A. occidentalis* McVaugh & Rosatti, *A. tessellata* Sørensen y *A. xalapensis*. Se incluye una clave para distinguir a *A. bicolor* de otras especies arbóreas de *Arbutus* de México.

Palabras clave: *Arbutus glandulosa, Arbutus xalapensis*, hibridación, madroño, sistemática.

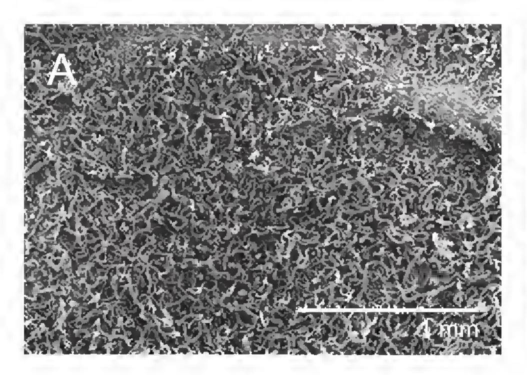
Arbutus L. (Ericaceae, Arbuteae) includes at least 12 species, three occur in the Mediterranean Basin and along the western coast of Europe, one in the Canary Islands, and eight in North and Central America, where the genus is an important element of pine-oak forest. *Arbutus menziesii* Pursh is known from the west coast of North America, but the greatest species diversity of the genus is found in Mexico, where seven species with an extraordinary diversity of forms and confused taxonomy are known. Three of these Mexican species have been described in the last three decades: *Arbutus occidentalis* (McVaugh & Rosatti, 1978), *A. tessellata* (Sørensen, 1987), and *A. madrensis* (González Elizondo & González Elizondo, 1992) and a fourth species (*Arbutus mollis* H.B.K.) will be resurrected after almost a century of being considered as a synonym of *A. xalapensis* (González-Elizondo et al., in rev.). With respect to the remaining Mexican species, *A. arizonica* (A. Gray) Sarg. is known from the SW United States to Central Mexico and *A. xalapensis* is a broadly variable taxon known from SW United States to Central America. The seventh Mexican species, twelfth for the genus, is described herein for plants that have been generally misidentified as *A. glandulosa*.

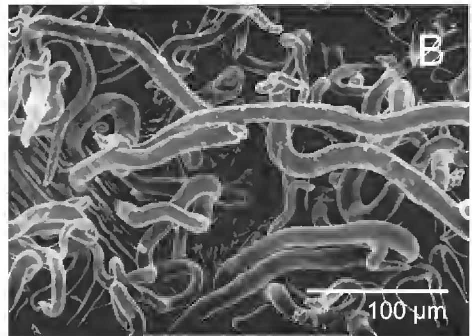
Arbutus bicolor S. González, M. González et P. D. Sørensen, sp. nov. *Arbutus glandulosa* of authors, non *A. glandulosa* M. Martens & Galeotti.

Species nova *A. xalapensi* H.B.K. similis a qua differt ramulis et petiolis pubescentibus trichomatibus glandulosis, foliis discoloribus subtus incanis vel ochroleucis dense trichomatibus crispatis tectis, et floribus roseis raro albis (Fig. 1, 2).



Fig. 1. *Arbutus bicolor.* A. branchlet and leaves; B. branchlet and leaves, lower surface; C. habit, with fruit; D. inflorescence.





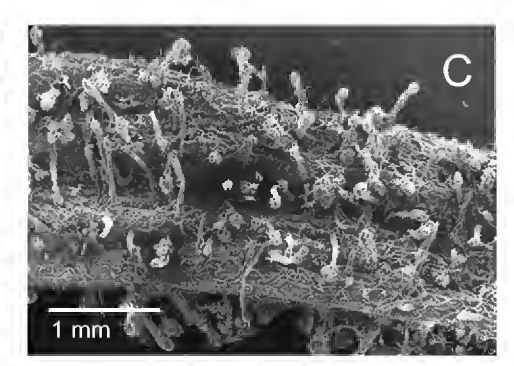


Fig. 2. *Arbutus bicolor,* SEM images. A. indument of lower surface of leaves. B. indument of lower surface of leaves; C. petiole. Scale bar: A and C = 1 mm; B = 100 µm.

Trees 4-25 m tall; bark exfoliating in smooth flakes over most larger limbs, the inner bark smooth, creamy, pale rose to dark cinnamon, the bark on base of trunk and eventually over the oldest parts of plant retained as pale gray, checkered, isodiametric or rectangular segments; bark of second-year branchlets soon exfoliating, leaving the inner bark smooth, reddish to dark-cinnamon sometimes with some glaucous cover; twigs of current year and petioles densely glandular pubescent, the glandular hairs 0.2-1.5(-2.5) mm long, mixed with eglandular hoary pubescence of shorter and curled hairs. Petioles (1.5-)2-6 cm long; leaf blades ovate, rarely oblong or oblong-lanceolate, 6-14 cm long, 4-9.5 cm wide, apex rounded to shortly acute, base cordate, truncate or rounded, often slightly asymmetrical, margin entire or irregularly serrate particularly on sprout leaves, blades bicolored, above dark green (turning red at senescence), opaque or slightly glossy, sparsely short glandular pubescent with or without additional eglandular whitish hairs, rarely glabrescent, the veinlets raised forming small areoles that give an irregular aspect to the minutely papillous surface, lower surface of blade creamy to ochroleucous because a dense and uniform indument of short, tightly and irregularly curled hairs hides the surface, often also with glandular hairs 0.2-0.3 mm long on the surface and longer glandular hairs (up to 1.5 mm long) along the midvein. Inflorescence a terminal cluster of racemes, showy, up to 13 cm long and to 16 cm wide, usually openly-branched, rarely with only 2-3 racemes, branches 2-9 cm long, 2-4 cm wide; axes densely hairy, with both glandular hairs and short eglandular hairs intermixed; pedicels accrescent and elongated in fruit, up to 15 mm long, with both glandular and eglandular hairs; bracts ovate to lanceolate, widened at the base, yellowish to purplish or dark reddish, densely short pubescent with glandular hairs and crispy eglandular hairs, 3-11 mm long, 2.3-4.6 mm wide including the margin that can be dark and scarious or concolorous and not scarious; two inner bracteoles 2-3 mm long, pubescent at least on the

middle portion and margins. Flowers: calyx lobes 1.2-2.4(-3.5) mm long, apex acute or obtuse, often pink to pale purplish, ciliate; corolla 5.6-9 mm long, 5-7 mm wide, pink, rarely white or white with pink tinge (immature flowers sometimes recorded by collectors as white reddish or creamy with salmon tinge), pubescent or glabrous outside, lobes auriculate imbricate at the base, reflexed at anthesis; base of filaments densely villous with white hairs 0.4-0.8 mm long, anthers 1.1-1.5 mm, dehiscent by pores 1/3-1/2 the length of the thecae, spurs 0.6-1.2 mm, occasionally bearing a short spur at the base, also occasionally a diminutive (0.2-0.4 mm long) translucent appendix is present between the pores. Berries orange to deep red or purple-red, up to 9 mm long and 7-10 mm in diam.

Type: MEXICO. Durango: municipio El Mezquital: al NE de Taxicaringa, por el camino a Durango, 23°14' N, 104°45' W, 30 Apr 1992, 2600 m, *M. González 2636* (holotype: CIIDIR, isotypes to be distributed).

Common names: madroño, madroño rojo. Uses (rarely recorded): an infusion for drink is made with the leaves; the fruits are edible in small amounts (large quantities cause dizziness).

Arbutus bicolor is related to *A. xalapensis* and specimens have been usually identified as *A. glandulosa* M. Martens & Galeotti, a glandular morph of the former species that Sørensen (1995) appropriately reduced to synonymy. The glandular and eglandular morphs of *A. xalapensis* occur sometimes in the same population, a situation observed even at the type locality of the species near Xalapa, Veracruz. *Arbutus bicolor* can be distinguished from *A. xalapensis* (including its glandular morphs) by the following combination of characters: a) twigs of current year and petioles densely glandular pubescent, the glandular hairs mixed with eglandular hoary pubescence of shorter and curled hairs (vs. eglandular or glandular, villous, lacking in hoary pubescence); b) markedly bicolored leaves that are whitish to pale ochroleucous below due to a dense and uniform indument of tightly and irregularly contorted hairs (vs. sparse indument of flexuous, often twisted and/or floccose hairs); and c) pink, rarely white flowers (vs. white, creamy, yellowish or greenish, rarely rose flowers). Branch limbs in *A. bicolor* are somewhat ascending, forming a relatively narrow crown and the bark is usually rose creamy to cinnamon; *A. xalapensis* has ascendant or spreading limbs, a broad or narrow crown, and orange, rose, or creamy bark. *Arbutus bicolor* is prone to fungus infections, with the glands of twigs and petioles usually blackened because fungus growth and the indument of the lower

surface of leaves very often spotted with dark, circular colonies of fungi. *Arbutus bicolor* does not fit into any of the other synonymous taxa noted in Sørensen's Flora Neotropica treatment.

McVaugh & Rosatti (1978) noted that plants called *A. glandulosa* in western Mexico differed in several aspects from "everything in the complex of *A. xalapensis*", for example, they are copiously beset with gland-tipped hairs (1-)2-4(-7) mm long and rough, flaking, but persistent bark that often contrasts markedly with the smooth bark of *A. xalapensis*. Those features correspond to *A. tessellata*, another conspicuously glandular species (Sørensen, 1987). The main differences between *A. bicolor* and other Mexican tree species of *Arbutus* are presented in a key below.

The ecological preferences of *A. bicolor* and *A. xalapensis* also are different. The former species develops in sites with colder climates than *A. xalapensis*. In the Sierra Madre Occidental, for example, *A. bicolor* grows at higher elevations (2200-3300 m) on the interior-facing and eastern slopes whereas *A. xalapensis* is restricted to middle elevations (1500-2700 m) of the western slopes of the range, where warm-temperate climates are prevalent, although occasionally both species can be quasi-sympatric in ecotones between their preferred habitats. The habitat of the southernmost known population of *A. bicolor* (Puebla, *Calzada et al. 04688)* is described as "very cold, with strong winds from the north."

Distribution and habitat: *Arbutus bicolor* is widely distributed in the Sierra Madre Occidental and the Transvolcanic Belt, reaching the western slopes of the Sierra Madre Oriental in central Mexico. It is known from Chihuahua and Durango to Distrito Federal and Puebla (Fig. 3). *Arbutus bicolor* evidently prefers humid slopes and ravines in conifer (*Abies-Pinus*), pine, pine-oak, or oak forest, but also develops in sclerophylous scrub with *Quercus, Arctostaphylos* and *Garrya* and in "subalpine" grassland, as well as in rough, stony hills with pine-oak or pine-juniper dry forest. Some of the associations in which *A. bicolor* becomes abundant are: at the Sierra Madre Occidental: a) *Abies durangensis, Pinus cooperi, P. ayacahuite, Quercus sideroxyla, Populus tremuloides*; b) *Quercus sideroxyla* with *P. durangensis, P. ayacahuite* and *Q. crassifolia*; c) *Quercus sideroxyla* with *P. teocote* and *Q. rugosa* with *Juniperus deppeana* understory; d) *Pinus teocote*; e) *Pinus teocote* with *P. arizonica, Q. crassifolia, Q. rugosa, Q. obtusata*, and *P. ayacahuite*; f) *Pinus lumholtzii-Quercus* spp., all those on slopes and ravines; and g) *Pinus cooperi* and/or *P. leiophylla* on mountain valleys. In central México: a) *Pinus rudis-Quercus* spp.-*Arbutus* spp. b) *Pinus cembroides-Juniperus flaccida.* Alt. 2200-3400 m. Flowering February-June (July), fruiting all year round, mainly May-November but fruits persisting.

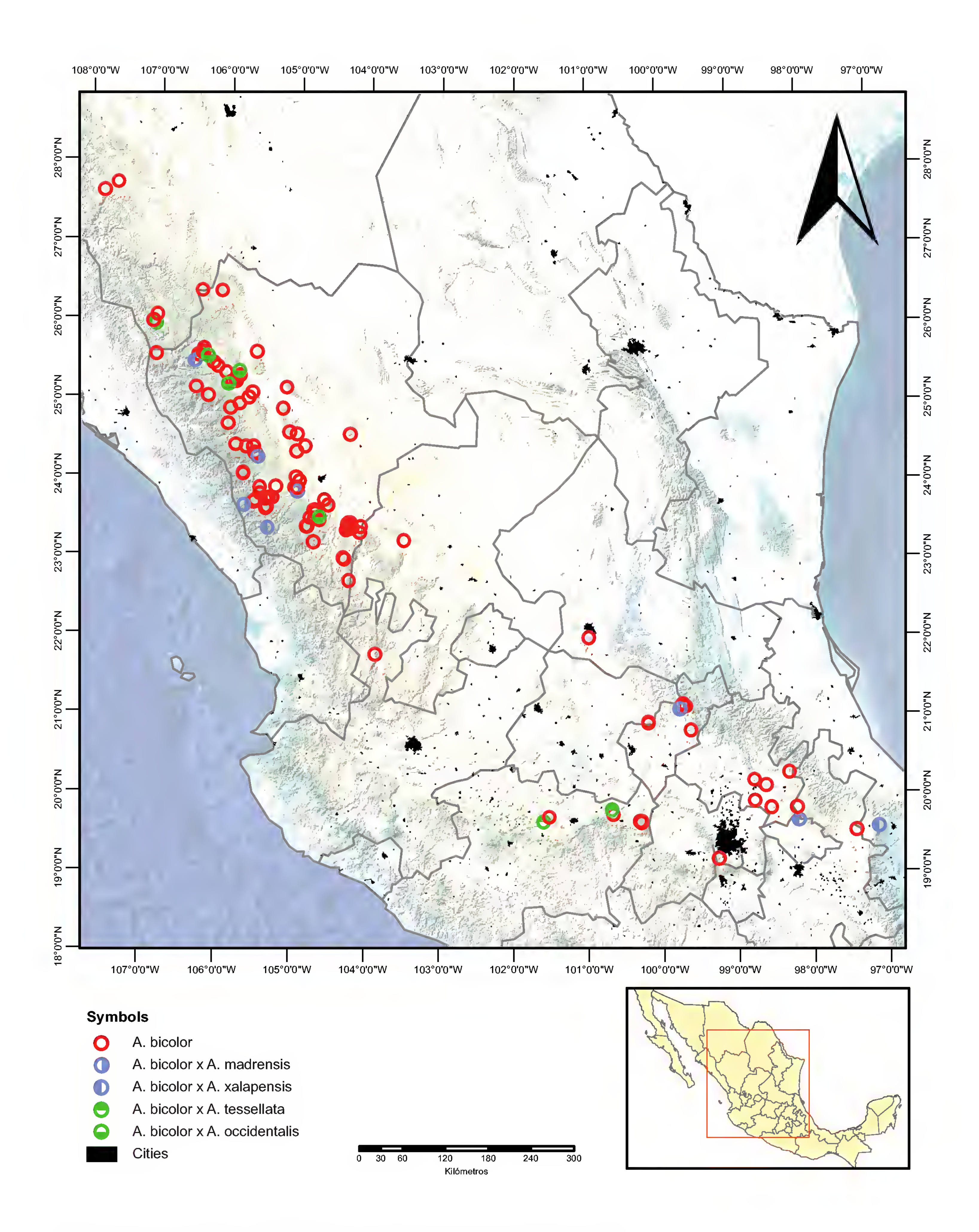


Fig. 3. Distribution of *Arbutus bicolor* and putative hybrids.

Additional specimens examined: **Mexico**. **Chihuahua**: municipio Bocoyna: Bocoyna, on mesa west of Creel, between Creel and rio Oteros, 2360 m, *R. Bye y W. A. Weber 8197* (MEXU, MICH); Bocoyna, ejido San Ignacio Arareco, *R. A. Bye 8527* (MEXU); W of Creel toward Sierrita Blanca, on Creel-Sánchez road, *R. Bye 9529* (MEXU); NE of San Ignacio Arareco, N of old road between San Ignacio and Panalachic, *R. A. Bye 3058, 3061* (MEXU); above arroyo del Ojito between Choguita and Cusarare, *R. A. Bye 3173* (MEXU); municipio Balleza: El Vergel, al S, 0.3 km de Cueva Blanca, km 128.5 carret. 24 Parral - Guadalupe y Calvo tramo El Vergel - Ciénega Larga, 26°22'41" N, 106°22'5" W, *S. González s.n., D. Ramírez, S. Tena y A. Mastretta* (CIIDIR); El Vergel, *J. J. Luna 6* (CHAPA, ENCB); municipio Guadalupe y Calvo: Cerro Mohinora, 10 mi SW of Guadalupe y Calvo, *R. Straw & M. Forman 1960* (MICH); ibid., entronque del camino a la cima con la carretera Guadalupe y Calvo - Bovorigame, 26°4'16" N, 106°58'32" W, *S. González 7354c A. Ayala y D. Stancik* (CIIDIR, IEB, MEXU); ibid., cañada por el camino a la cima, 25°58'36" N, 107°2'42" W, *S. González 7351, A. Ayala y D. Stancik* (CHIH, CIIDIR, IEB, MEXU). **Durango**: municipio Guanaceví: Cerro Barajas, cima, 26º23'30" N, 106º5'0" W, 3310 m, 24.08.2004, *S. González 6996, M. González, M. A. Márquez, O. Cázares* (CIIDIR, DEK); municipio Tamazula: ejido El Tecuán, parte alta del Desmonte de Enrique, al SO de la comunidad San Juan del Tecuán, 25°34'42" N, 106°59'16" W, 2605 m, 02.04.2008, *F. Mercado 254 D. Ramírez N. y E. Borgas* (CIIDIR); municipio Tepehuanes: Las Conchitas, vivero, al W, cerca de arroyo, El Tarahumar, 25°39'40" N, 106°19'35" W, 2575 m, *S. Acevedo 922* (CIIDIR); El Santo Niño, El Tarahumar, Cordón Mocho al N del 2º vivero, a orilla del vivero, 25°39'20" N, 106°19'5" W, *S. Acevedo 865 y 866* (CIIDIR); El Tarahumar, a un lado del vivero No. 1, 25°39' N, 106°19' W, *S. Acevedo 846 y 847* (CIIDIR); falda de la Manga Quemada, bajada del Santo Niño, 6 km al SE de La Atascosa, comunidad de El Tarahumar, *E. Guízar N. 2149* (MEXU); El Huacal, 29 km por el camino a El Tarahuamar, 25°36' N, 106°19' W, *M. González 2619* (CIIDIR); Altos de Yesqueros, camino de El Huacal a Quebrada Honda, 25°34' N, 106°24' W, *M. González 2453, 2454, 2456, 2458, 2462* (CIIDIR); Bajío de Los Arcos, por el camino de El Huacal a Quebrada Honda, 25°29' N, 106°27' W, *M. González 2490 y 2495* (CIIDIR); 3 km de El Huacal, por el camino a El Tarahumar, 25°28' N, 106°11' W, *M. González 2448, 2449, 2450, 2451* (CIIDIR); 73 km de Tepehuanes, por el camino a El Huacal, 25°25' N, 106°7' W, *M. González 2438* (CIIDIR); ibid., *2439* (CIIDIR, DEK, MEXU); ibid., *2441, 2444, 2445* (CIIDIR); Tepehuanes, 56 km por el camino a El Huacal, 25°21' N, 106°0' W, *M. González 2427, 2428, 2431, 2433, 2434* (CIIDIR); ibid., a 3 km de la Ciénega del Fraile, *M. González 2425, 2426* (CIIDIR); 44 km de Tepehuanes, por el

camino a El Huacal, 25°14' N, 105°52' W, *M. González 2422, 2423, 2424* (CIIDIR); Llanito de Buenos Aires, Mesa de Navar, 25°14' N, 105°55' W, *E. Guizar 2108* (CHAP, CIIDIR, MEXU); 3 km de Arroyo Chico, sobre el camino Tepehuanes - El Huacal, *A. Benítez y O. Bravo 394* (CHAP, CIIDIR, MEXU); Cuevecillas, 0.5 km del campamento de la UAF Topia, 25°9' N, 106°25' W, *O. Bravo 1154* (CIIDIR, CHAP); Buenos Aires, 36 km al W de Tepehuanes, por la brecha a Topia, *P. Tenorio 1169 y C. Romero de T.* (ENCB, MEXU); 21 km al W de Tepehuanes, brecha a Tabahueto, *P. Tenorio et al. 4186* (CIIDIR, MEXU); Boleras, 10 km al SE, rumbo a la Sierra de la Candela, 25°37' N, 105°25' W, *S. González 5209, 5215* (CIIDIR); municipio Topia: Cuevecillas, 0.5 km antes de llegar al pueblo, 25°9' N, 106°25' W, *A. Benítez 2469* (CHAP, CIIDIR); Cuevecillas, atrás del campamento de la UAF Topia, 25°9' N, 106°25' W, *A. Benítez 2335* (CHAP, CIIDIR, IEB); municipio Santiago Papasquiaro: 135 km de Santiago Papasquiaro, por el camino a Canelas, 25° N, 106° W, *S. González, S. Acevedo y J. Panero 4949* (CIIDIR); 54 km de Altares, por el camino a Canelas, 25°3' N, 106°15' W, *S. González, S. Acevedo y J. Panero 4996* (CIIDIR); Santiago Papasquiaro, aprox. 40 km al W por el camino a Canelas, 25°06' N, 105°38' W, *S. González 4930, 4932 S. Acevedo* (CIIDIR); Las Ranas, camino Santiago Papasquiaro - Los Altares, *E. Guízar 2393* (CHAP, CIIDIR, IEB, MEXU); Las Ranas, camino Santiago Papasquiaro - Los Altares, 25°2' N, 105°41' W, *E. Guízar 1013* (CIIDIR, CHAP, MEXU); municipio El Oro: Sierra de Promontorio, al NE de El Encinal, por el camino a la mina de Promontorio, 25°10'47" N, 105°09'41" W, *S. González 6783, P. M. Peterson, L. E. Brothers* (CIIDIR, IEB, MEXU, US); municipio Otáez: El Castillito, camino a Otáez, 24°57' N, 105°48' W, *E. Guízar 2387* (CIIDIR); proximidades a la desviación Piélagos - Otáez (infl reducida a dos racimos), *E. Guízar 2365* (CHAP, CIIDIR, IEB); proximidad de Bajío de Vacas, ej. Las Hacienditas, 24°54' N, 105°56' W, *E. Guízar 2379* (CHAP. CIIDIR); municipio Nuevo Ideal: Cañada del Gato, sierra en Nuevo Ideal, 24°54'3" N, 105°12'34" W, *A. García A. 3538* (CIIDIR); municipio San Dimas: Vencedores, área 43, 24°25' N, 105°42' W, *S. González 5146, M. A. Márquez* (CIIDIR); La Guitarra, *Lote 4,* 24º25" N, 105º36" W, *S. González 5579 M. A. Márquez y M. González* (CIIDIR); Los Aposentos, 2.5 km al NE de San Miguel de Cruces, *A. García, M. González y S. Acevedo 427* (CIIDIR, IEB); Las Pintas, La Pista, 24°19' N, 105°34' W, *S. González 7321a, R. Silva, F. Maciel, S. Ortega R., M. Soto* (CIIDIR); Miravalles, UCODEFO 4, 24°17' N, 105°32' W, *S. González 5119 y M. A. Márquez* (CIIDIR); Cerro Huehuento, vertiente N, 24°4'45" N, 105°44'37" W, *S. González s.n., M. González, A. Torres, L. Ruacho, G. Medrano, S. Heines, I. Estrada, E. Larreta* (CIIDIR); Cerro Huehuento, al S de Huachichiles, 1 km al NNW de la cima, 24°4'42" N, 105°44'35" W, *S. Gon-*

zález 6845 (CIIDIR); Cerro Huehuento, sobre vertiente N, 24°4'39" N, 105°44'29" W, *S. González 7720, M. González, A. Torres, L. Ruacho, G. Medrano, S. Heines, I. Estrada, E. Larreta* (CIIDIR); Cerro Huehuento, S of Huachichiles, *J. H. Maysilles 7286* (MICH); San Luis del Río, 51 road mi northwest of Coyotes, *J. H. Maysilles 7234* (MICH); ibid. *7974* (MEXU, MICH); municipio Canatlán: Sierra del Epazote, cima del cerro de las antenas, 24°36'12" N, 105°6'37" W, *M. G. Nava Miranda 148, J. Noriega, G. M. Valtierra y L. Ruacho* (CIIDIR); Sierra del Epazote, ±2.5 km de La Cieneguita por el camino a la Ciénega de la Casa, 24°35'26" N, 105°0'22" W, *M. González 3369, R. Álvarez Z. y C. López G.* (CIIDIR); rancho El Durangueño, ejido Nogales, punto 33, 24°26'5" N, 104°53'13" W, *A. Garza Herrera s.n., F. Sánchez, D. Mata, A. Arvizu, S. González* (CIIDIR, IBUG); Sierra del Epazote, rancho El Durangueño, 24°22'14" N, 105°0'16" W, *S. González 6292, M. A. Márquez y C. López* (CIIDIR); municipio Pánuco de Coronado: Sierra de Gamón, ladera NW, cerca de la cima, 24°35'21" N, 104°16'45" W, *S. González 7383, L. López, L. Reséndiz, D. Ramírez, F. Mercado, M. Ramírez y L. A. Ramírez* (CIIDIR); municipio Durango: ejido La Esperanza, 23°55'31" N, 105°17'54" W, *A. García 4359* (CIIDIR, HUAA); Otinapa, 23°59'11" N, 104°57'42" W, *M. Flores 7-OT* (CIIDIR); ibid., *M. Flores 8-OT* (CIIDIR); Otinapa, al S, 23°59'11" N, 104°57'42" W, *S. González 7646, J. Giménez de Azcárate, M. A. Macías* (CIIDIR); parque El Tecuán, junto a Las Conchas viejas y las cabañas abandonadas, 23°54' N, 105°30' W, *S. Acevedo 1194* (CIIDIR, IEB); parque El Tecuán, extremo E de Mesa del Mirador, 23°54'9" N, 105°01'50" W, *S. González 5785, A. García y S. Acevedo* (CIIDIR); parque El Tecuán, alrededores, carretera Durango - El Salto, 23°54' N, 105°1' W, *A. Román 5 y 6 S. González* (CIIDIR); parque El Tecuán, 58 km de Durango, *F. Casillas et al. 89* (CIIDIR); 35 mi W of Durango, on rt. 40, *W. Hess & M. Hall* (MICH); Subcuenca Santiago Bayacora, La Mesa Alta, Sitio 5, 23°45'4" N, 104°36'31" W, *J. Acevedo Herrera 198* (CIIDIR); Subcuenca Santiago Bayacora, La Mesa de los Difuntos, sitio 4, 23°41'19" N, 104°33'50" W, *J. Acevedo Herrera 191* (CIIDIR); Subcuenca Santiago Bayacora, Pilares, sitio 4, 23°35'11" N, 104°44'38" W, *J. Acevedo Herrera 60* (CIIDIR); Subcuenca Santiago Bayacora, Al S de los Bajíos de Don Víctor, 23°30'19" N, 104°40'2" W, *J. Acevedo Herrera 202* (CIIDIR); Mesa de Tableteros, 23°37'29" N, 104°44'25" W, *S. González s.n., L. Ruacho, N. González, O. Rosales, G. Medrano V. y D. Salinas* (CIIDIR); Carboneras, al NE, al SW de La Flor, 23°31'29" N, 104°48'32" W, *S. González 7703, L. Ruacho, N. González, O. Rosales, G. Medrano y D. Salinas* (CIIDIR); La Flor, al W, 23°31'27" N, 104°48'28" W, *S. González s.n. et al.* (CIIDIR); municipio Pueblo Nuevo: El Salto, ca. 2 km al W, al S de la carretera 40 Durango - Mazatlán, 23°46'43" N, 105°23'6" W, *S. González 7633, J. Giménez de Azcárate, M.*

A. Macías (CIIDIR); región de El Salto, *G. Guzmán et al.* 18.IX.1961 (ENCB); Santa Bárbara, 6 km por el camino a El Salto, 23º45' N, 105º25' W, *A. García 1093 S. González* (CIIDIR, IEB); Arroyo Santa Bárbara, al SW de El Salto, 23°39' N, 105°25' W, *S. González 5260* (CIIDIR); Peñitas, aprox. 13 km al SW de El Salto, 23º39' N, 105º24' W, *M. González 4010 y 4002 M. Flores V., S. Quiñones* (CIIDIR); Santa Bárbara, al S, por el camino a El Sótano, al W del camino a Pueblo Nuevo, 23°38'26" N, 105°25'26" W, *S. González 6823 P. M. Peterson y G. Tena* (CIIDIR); Coyotes Hacienda, 63 mi of C. Durango, *J. Maysilles 7721* (MICH); ejido El Brillante, la cañada de *Picea*, carretera Durango - Mazatlán, km 99, 23°46' N, 105°20' W, *Equipo 2 Fac. Ciencias Forestales s.n.* (CIIDIR); Km 1119, road Durango-Mazatlán, 999 ft, *Weedons M665* (MEXU); La Ermita, aprox. 100 m al W, cerca del km 158.5 de carretera Durango - Mazatlán, 23°40'22" N, 105°43'35" W, *S. González 6938, J. Á. Villarreal y L. Chávez* (CIIDIR); Buenos Aires, 7 km al W, extremo W del poblado La Ermita, 23º40'13" N, 105º43'25" W *S. González 6009a J. Panero* (CIIDIR, IEB); Chavarría (cercanías del entronque a), km 131 carretera Durango - Mazatlán, 23°44' N, 105°34' W, *S. y M. González 4883* (CIIDIR); ibid., km 134, 23°43' N, 105°35' W, *S. y M. González 4882* (CIIDIR); 26 km al W de El Salto, *S. González y A. Lux 4435* (CIIDIR); arroyo La Tecolota, predio Las Bayas de la UJED, 23°25' N, 104°51' W, *A. García A. 1036* (CIIDIR, IEB); municipio Súchil: Reserva de la Biosfera La Michilía, Cerro Blanco, Playa Grande, 23°28'48" N, 104°16'26" W, *G. Amacio 12-1* (CIIDIR); ibid., 23°28'19" N, 104°16'19" W, *G. Amacio 9-2* (CIIDIR); Reserva de la Biosfera La Michilía, Cerro Blanco, Cordón de las Venadas, 23°28'4" N, 104°15'59" W, *G. Amancio 22-1* (CIIDIR); ibid., *G. Amancio 22-3* (CIIDIR); ibid., *G. Amancio 23-2* (CIIDIR); ibid., *G. Amancio 23-3* (CIIDIR); ibid., 23°27'46" N, 104°16'4", *G. Amancio 20-2* (CIIDIR); Reserva de la Biosfera La Michilía, Cerro Blanco, Encina Gorda, 23°27'49" N, 104°15'48" W, *G. Amacio 15-3* (CIIDIR); ibid., *G. Amacio 15-4* (CIIDIR); ibid., Encina Gorda, 23°27'35" N, 104°16'1" W, *G. Amacio 13-4* (CIIDIR*);* Reserva de la Biosfera La Michilía, Cerro Blanco, punto Cacahuates, al S del cerro Magueycitos, 23°27' N, 104°16' W, *J. Alvarado 290* (CIIDIR, IEB); Reserva de la Biosfera La Michilía, Cerro Blanco, 23º27' N, 104º17' W, *S. González 3736* (CIIDIR); Reserva de la Biosfera La Michilía, Ciénega de Los Caballos, 23°26'43" N, 104°15'53" W, *J. M. Ibarra M. A8* (CIIDIR); Reserva de la Biosfera La Michilía, Cordón de las Culebras, *S. y M. González 4795* (CIIDIR); Reserva de la Biosfera La Michilía, vados de El Taray, *S. y M. González 4737* (CIIDIR); ibid., Mesa de San Antonio, *L. Jamieson 10* (CIIDIR); ibid., *L. Jamieson 44* (CIIDIR); ibid., *L. Jamieson 56* (CIIDIR); ibid., *L. Jamieson 181* (CIIDIR); Mesa de San Antonio, cerca del Taray, *L. Jamieson 227* (CIIDIR); arroyo El Taray, al SE, al pie de La Mesa El Bu-

rro, *S. Acevedo 427 D. Bayona* (CIIDIR); Reserva de la Biosfera La Michilía, Mesa de San Antonio hacia la Mesa El Burro, *S. González y L. Jamieson 4270 y 4273* (CIIDIR); Reserva de la Biosfera La Michilía, Mesa El Burro, 23º23' N, 104º17' W, *R. Fernández 1117* (CIIDIR, ENCB); Reserva de la Biosfera La Michilía, W, *L. Jamieson 682* (CIIDIR); ibid., *L. Jamieson 989* (CIIDIR); ibid., *L. Jamieson 468* (CIIDIR); ibid., *L. Jamieson 319, 354, 382, 399* (CIIDIR); Reserva de la Biosfera La Michilía, arroyo El Ranchero, bajada, al SW de la reserva, 23º22'20" N, 104º18'53" W, *S. González 4748, 4749 M. González* (CIIDIR); Reserva de la Biosfera La Michilía, El Pujido, *S. González y L. Jamieson 4277* (CIIDIR); Reserva La Michilía, Toribia, *M. E. Maury, V. Serrano y S. Gallina 23* (IEB); Reserva de la Biosfera La Michilía, arroyo El Pajonal, 23° N, 104° W, *L. Rentería 5 y A. García* (CIIDIR); arroyo El Ranchero, al S de la Reserva La Michilía, *S. y M. González 4745* (CIIDIR); Cerro Las Iglesias, 7 km de El Alemán, *F. Acevedo 113* (CIIDIR); cordón de la Sierra de Urica, atrás del cerro Chihuahuilla, 23°25' N, 104°6' W, *J. M. Ibarra M. Ar1* (CIIDIR); municipio El Mezquital: La Escondida, km 64 del camino que va a Los Charcos, camino a El Mezquital, *S. Acevedo 435 D. Bayona* (CIIDIR, IEB); Francisco I. Madero (Pajaritos), al N, en pico S de cerro, cerca de camino maderero abandonado, 22º44'36" N, 104º15'48" W, *S. González 6470 P. M. Peterson* (CIIDIR). **Zacatecas**: municipio Sombrerete: Laguna Balderrama, *J. D. Webster 2* (MICH). **San Luis Potosí**: municipio Villa de Reyes: Sierra de San Miguelito, *M. F. Robert y J. Passini 891* (ENCB). **Guanajuato**: municipio San José Iturbide: mountains ESE of San José Iturbide and about 5 mi W of Cerro Zamorano, *R. McVaugh 10389* (MICH); municipio Tierra Blanca: Cerro Zamorano, vertiente E (NE), *E. Carranza y S. Zamudio 4015* (IEB); ibid., bosque de *Abies-Quercus*, ladera de cerro, 2800-3050 m, *E. Carranza y S. Zamudio 4017* (CIIDIR, IEB). **Querétaro**: municipio Peñamiller: parte alta del Cerro Pingüical, 2 km al W de la antena, *S. Zamudio y E. Carranza 6882* (IEB); ladera S del Cerro Pingüical, 3000 m, *S. Zamudio y S. González 11727, 11728, 11729, 11730* (IEB); municipio Pinal de Amoles: cerro La Calentura, *S. Zamudio 3636* (IEB, QMEX); brecha 3 km carretera a Querétaro, Puerto de los Velázquez, Ejido Barranca, *J. Huerta y L. Arellanes s.n.* (ENCB); municipio Colón: parte alta del Cerro Zamorano, *S. Zamudio y E. Pérez 7738* (IEB); ibid., 20°56.01' N, 100°10.50' W, 3300 m, *S. Zamudio y E. Pérez 11839* (IEB); parte media del Cerro Zamorano, ladera SE, 20°55' N, 100°16' W, 3170 m, *M. Gómez S., D. Flores y L.S. Calderón 567* (IEB); en el camino de Los Trigos a las antenas de Televisa, *R. Chávez 68* (QMEX); municipio Cadereyta: 4 km al E de La Laja, Sierra de El Doctor, 2940 m, *S. Zamudio y E. Carranza 6407* (IEB); 2 km al S de Sombrerete, *L. Hernández 4567* (QMEX). **Michoacán**: municipio Quiroga: Cerro Tzirate, *C. López 1159*

(ENCB, IEB); parte alta del Cerro Tzirate, *H. Díaz Barriga y S. Zamudio 2798* (IEB); ibid., 19°43'46" N, 101°30'57" W, 3250 m, 29.12.2007, *S. Zamudio y cols. 14057* (IEB); municipio Hidalgo: Ciudad Hidalgo, *S. D. Koch 77373 y P. A. Fryxell* (CHAPA); municipio Angangueo: Llano del Toro, 22.I.1987, *M. Mejía s.n.* (IEB); Sierra Chincua, Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, 19°40'35" N, 100°18'04" W, *M. G. Cornejo Tenorio 299 y G. Ibarra Manríquez* (IEB); ibid., alrededores del vivero forestal, 19°40' N, 100°16'53" W, 2910 m, bosque de coníferas (*Abies religiosa*), *S. Rangel Landa 248, M. A. García Guzmán y G. Ibarra Manríquez* (CIIDIR, IEB). **Hidalgo**: municipio El Chico: Las Ventanas, 5.5 km al N de Pachuca, *M. Medina 2273* (ENCB, IEB); municipio Tulancingo: Cuyamaloya, norte de Tulancingo, *E. Matuda 37605* (IEB); municipio Tepeapulco: cerro de Xihuingo, *A. Ventura 475* (ENCB); cerro Xihuingo, *A. Ventura 1047* (ENCB); municipio Zempoala: cerro de Los Pitos, *A. Ventura 1641* (MEXU); municipio Epazoyucan: Sierra de Los Pitos, Tlaquilpan, *G. Benítez 191* (IEB); 1 km al SW de El Guajolote, *M. Medina y M. Á. Barrios 2579* (IEB). **Distrito Federal**: Sur del Xilte Grande, *M. A. Panti 22* (ENCB); Pedregal Camposanto, Temamatla, *E. Ibarra 118* (MEXU); San Miguel Ajusco, Tlalpan, *J. C. Soto Nuñez 13011* (MEXU). **Puebla**: municipio Chignahuapan: ejido San Luis del Valle, 19°48'08" N, 98°11'28" W, *E. Guízar N. y A. G. Miranda M. 5950* (MEXU); municipio Tepeyahualco: volcán de Pizarro, 6 km al 60' de Tepeyahualco, 19°30' N, 97°6' W, *J. I. Calzada, F. Lozano, E. Martínez, y J. Gallardo 04688* (MEXU).

Key to the Mexican tree species of *Arbutus*

1 Twigs of current year and petioles with conspicuous glandular hairs more prominent than eglandular hairs 2

2 Leaves dark green above, creamy to ochroleucous below as a dense indumentum of tightly curled hairs uniformly obscures the surface, leaves at senescence red; corolla pink, rarely white .... *Arbutus bicolor*

2 Leaves olive green, bright or pale green above, or somewhat glaucous, pale green below, pubescent with flexuous hairs not tightly curled nor obscuring the surface, leaves at senescence yellow, orange or rarely red; corolla white, creamy, yellowish or greenish 3

3 Older twigs rough; bark retained as pale gray, checkered, thick isodiametric or rectangular segments on the trunk, limbs, and twigs of the previous seasons, or exfoliating on young twigs and therefore shed in small, roug-

hened flakes; glandular hairs 1-4(-6.8) mm long, averaging ca. 2.5 mm long .... *Arbutus tessellata*

3 Older twigs smooth; bark exfoliating in smooth flakes at least on limbs and twigs of the previous seasons, or retained as pale gray, checkered segments only on the trunk and base of the older limbs; glandular hairs 0.2-1.5(-2) mm long, averaging ca. 1 mm long .... *Arbutus xalapensis* (glandular morphs)

1 Twigs of current year and petioles eglandular, or if glandular hairs present those seen only with a hand lens (10x) or at higher magnifications.

4 Twigs of the current year and petioles purplish-red, rose, or pale green with rose tinge, petioles either glabrous, puberulent or shortly pubescent with white-gray hairs often only on the upper surface of mature leaves; leaves tapered to rounded at base, lower surface glabrous, puberulent, or hoary only along the midvein .... *Arbutus arizonica*

4 Twigs of the current year and petioles variously coloured, rarely (in *A. xalapensis* var. *texana*) rose or purplish, pubescent to villous on both upper and lower surfaces; leaves rounded, subtruncate, slightly cordate or slightly tapered at base, lower surface pubescent to villous, rarely glabrous 5

5 Bark exfoliating in smooth flakes at least on limbs and twigs of the previous seasons, or only retained as gray, checkered segments on the older parts of trunk and limbs; older twigs smooth, rarely slightly roughened; leaves 2.3-9 cm wide, the upper surface in various shades of green but rarely dark green, at senescence yellow, orangish, or red .... *Arbutus xalapensis*

5 Bark retained as gray, checkered, thick isodiametric or rectangular segments on the trunk, limbs, and twigs of the previous seasons, or rarely exfoliating on young twigs and shed in small, roughened flakes and the twigs roughened; leaves 5-9 cm wide, the upper surface dark green, at senescence bright red .... *Arbutus madrensis*

Hybridization is common among taxa of *Arbutus.* The hybrids, although fertile, are usually found as isolated occurrences. Occasionally, backcrossing occurs and several grades of introgression are found, particularly in disturbed areas. An example of a hybrid swarm between *A. bicolor* and *A. xalapensis* var. *texana* (Buckl.) A. Gray is found in cerro El Pingüical, Querétaro, where both taxa are found in their pure forms as well as with several grades of intermediates. Examples of sporadic hybrids between *A. bicolor* and other species of *Arbutus* are:

Arbutus madrensis x **A. bicolor**. Branchlets of second year rough, and lower surface of leaves with ferrugineous, somewhat floccose hairs indicate the influence of *A. madrensis*, whereas ovate, cordate at base leaves and densely glandular pubescent petioles are as in *A. bicolor*.

Durango: municipio San Dimas: Miravalles, UCODEFO 4, *S. González et al. 5118* (CIIDIR); municipio Durango: parque El Tecuán, 23°54' N, 105°01' W, *A. Román 5 y S. González* (CIIDIR); ibid., 23°54' N, 105°01' W, *A. Román 6 y S. González* (CIIDIR).

Arbutus bicolor x **A. occidentalis**. Several examples of hybrids between *A. bicolor* and *A. occidentalis* are recorded by González Elizondo et al. (in rev.). They are shrubs 0.15-2.5 m tall with small or medium sized leaves (which reveals influence of *A. occidentalis*) in which the lower surface is dense and uniformly pubescent with short, irregularly curled hairs (as in *A. bicolor*). These plants form populations in which the morphological characters are fixed and the plants seem to represent genetically differentiated populations. Known from Durango and southern Chihuahua, from 2440 to 2700 m. An additional example is represented by shrubs to 2.5 m tall with reduced inflorescences (at most 3 cm long) but with bicolored leaves and pubescence that indicates a stronger influence of *A. bicolor.*

Durango: municipio Tepehuanes: Paraje Chamacueros, 30 km al W de Mesa de Navar, 2860 m, *A. (Benítez) Paredes and O. Bravo 400* (CHAP, CIIDIR).

A. bicolor x **A. tessellata 1**. Glandular pubescence dense and short (at most 1 mm long) in branchlets and petioles as in *A. bicolor*, but older branchlets rough, leaves olive green, and flowers white yellowish, as in *A. tessellata*. The shape of leaves is intermediate between both species.

Michoacán: municipio Quiroga: ladera S del Cerro Tzirate, 2400 m *S. Zamudio 12866*, (IEB).

A. bicolor x **A. tessellata 2**. Glandular pubescence dense in branchlets and petioles, ovate leaves to 10.5 cm long, dark green above and whitish below (*A. bicolor*), but lacking the dense, contorted hairs, instead having long, flexuous, twisted hairs not hiding the surface, older branchlets rough, and longer glandular hairs 1.5-3 mm long (*A. tessellata*).

Michoacán: municipio Contepec: 5 km del camino Santa María Los Ángeles a Solís, 19°58'35" N, 100°7'3" W, 25.09.2004, *J. Martínez Cruz 1086, G. Ibarra Manríquez, M. G. Cornejo Tenorio y M. A. Salinas Melgoza* (IEB); ibid., 19°58'26"

N, 100°7'41" W, (fr) *J. Martínez Cruz 1055, G. Ibarra Manríquez, M. G. Cornejo Tenorio y M. A. Salinas Melgoza* (IEB).

Arbutus xalapensis x **A. bicolor**. Peripheral populations of *A. bicolor* with strong introgression of *A. xalapensis* have lower surface of leaves with both, shaggy, ferruginous, floccose hairs as in *A. xalapensis* and short, appressed, curled hairs as in *A. bicolor* (although less dense) as well as some glandular hairs in branchlets and petioles. In the Trans Volcanic Belt in central Mexico, in *Pinus* or *Abies* forests with *Baccharis conferta* scrub (the last indicating disturbance). 2800-3300 m.

Hidalgo: municipio El Chico: Las Ventanas, 5.5 km al N de Pachuca, *M. Medina 2273* (ENCB, IEB, MEXU). **Distrito Federal**: Cañada de Contreras, por encima del Pueblo, *F. Miranda s.n. 10 Dic. 1939* [other label indicates "Xochimilco", *F. Miranda 39*] (MEXU). **Tlaxcala**: municipio Tlaxco: 2 km al N de El Rosario, *A. Chimal et al. 27* (MEXU); Cerro El Rosario, 11 km al NO de Tlaxco de Morelos, 24 km Apizaco - Chignahuapan, 19°40'05" N, 98°10'25" W, 3300 m (flores blancas y rojo-amarillentas), 20.03.1988, *M. Ishiki & S. E. Pérez 1989* (CHAPA, IEB); municipio Terrenates: ladera S del cerro Tlajacolo, al W del rancho Atotonilco, *C. Castillejos 108* FES-ZA (MEXU). **Veracruz**: municipio Perote: camino a El Paisano, 19°34' N, 97°06' W, *P. Zamora G., G. Castillo Campos 2159* (IEB).

A. bicolor x **A. xalapensis** var. **texana**. Hybrid swarm. Known from the Cerro El Pingüical, Querétaro, between 3000 and 3250 m asl in pine-oak-madrone forest as well as in disturbed *Quercus* scrub with *Baccharis, Cercocarpus, Garrya*, and *Arbutus*.

Both parents are present in the area in their pure forms as well as with several grades of intermediates with respect to habit and size of the plants (short shrubs to trees to 5 m tall), size of leaves, type and density of pubescence and glandularity (often with mixture of short, tightly curled hairs and long, floccose hairs).

Querétaro: municipio Peñamiller: parte alta del Cerro Pingüical, *S. Zamudio y S. González 11718* (IEB); ibid., ladera SW, casi en la cima, *S. Zamudio y S. González 11722* (IEB); ibid., ladera S, *S. Zamudio y S. González 11725* (IEB); ibid., *S. Zamudio y S. González 11731* (IEB); ibid., *S. Zamudio y S. González 11732* (IEB).

Peripheral populations of *Arbutus bicolor* from Hidalgo (e.g. *Benítez 191*; *Medina and Barrios 2579*) have short inflorescences with only 2-3 racemes and relatively narrow leaves, the upper surface glabrescent and more or less smooth (veinlets not raised), probably due to past occurrence or continuing sporadic hybridization with *A. xalapensis* var. *texana*.

Markedly bicolor leaves are also found in two other *Arbutus* taxa, but they lack the dense indument of short, tightly contorted hairs characteristic of the leaves of *A. bicolor*: a) *Arbutus xalapensis* var. *texana*, with coriaceous to subcoriaceous leaves, very pale green to pale yellowish green or glaucous below, glabrous or with straight to wavy or twisted hairs never obscuring the surface; b) *Arbutus cf. xalapensis*, only known from western Chihuahua, which has ovate-lanceolate, acute, narrow (<3.8 cm wide) leaves pale green below, with sparse, fine, ferruginous hairs not hiding the lower surface, as well as long peduncles up to 1.6 cm long; the indumentum appears to indicate influence of *A. xalapensis* but the shape and bicolored character of the leaves and long peduncles appear to be unique.

ACKNOWLEDGMENTS

We are indebted to Drs. J. Rzedowski and Sergio Zamudio for the enriching discussions on the taxonomy of the group, Dr. A. A. Reznicek for images of specimens at MICH, Dr. Stephen D. Koch and Dr. Raquel Galván V. for assistance with field work, Dr. Jorge A. Tena, M.C. Lorena López, Biol. Flor Isela Retana Rentería, and Daniela Corral Sandoval for help in different phases of this work, Dr. Silvia Espinosa and M.C. Berenit Mendoza for the SEM images, and Lic. Martha Beatriz Campos and Damián Piña Bedolla for the distribution map. The keepers of the herbaria CIIDIR, CHAP, CHAPA, ENCB, IBUG, IEB, MEXU, MICH, NY, P, QMEX, and US are gratefully acknowledged for loans of material or for granting access to their facilities. The Comité Técnico de Prestaciones a Becarios of the Instituto Politécnico Nacional and the Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas provided support to conclude the study, which was developed as part of project 20110681, Instituto Politécnico Nacional.

LITERATURE CITED

González Elizondo, M. S. & M. González Elizondo. 1992. Una nueva especie de *Arbutus* (Ericaceae-Arbuteae) de la Sierra Madre Occidental, Mexico. Acta Bot. Mex. 17: 7-12.

González-Elizondo, M. S., M. González-Elizondo & S. Zamudio. Delimitación taxonómica de los complejos *Arbutus mollis* y *A. occidentalis* (Ericaceae). Acta Bot. Mex. (in rev.).

McVaugh, R. & T. J. Rosatti. 1978. A new species of *Arbutus* (Ericaceae) from western Mexico. Contr. Univ. Michigan Herb. 11: 301-304.

Sørensen, P. D. 1987. *Arbutus tessellata* (Ericaceae), new from Mexico. Brittonia 39: 263-267.

Sørensen, P. D. 1995. *Arbutus* Linnaeus. In: Luteyn, J. L. (ed.). Ericaceae Part II. The superior-ovaried genera. Flora Neotropica, Monograph 66. New York Botanical Garden. New York, U.S.A. pp. 194-221.

Recibido en junio de 2011.

Aceptado en diciembre de 2011.

Acta Botanica Mexicana 99: 73-90 (2012)

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA DE *LUPINUS* SPP. EN LA REGIÓN CENTRO-ORIENTAL DEL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO

Luz del Carmen Lagunes-Espinoza[1,4], Javier López-Upton[2], Eustolia García-López[1], Jesús Jasso-Mata[2], Adriana Delgado-Alvarado[3] y Gabino García de los Santos[2]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina s/n, 86500 H. Cárdenas, Tabasco, México.
[2]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km. 36.5 carretera México-Texcoco, 56230 Montecillo, Edo. de México, México.
[3]Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, km. 125.5 carretera federal México-Puebla, 72760 Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México.
[4]Autor para la correspondencia: lagunesc@colpos.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue caracterizar la diversidad morfológica y determinar la concentración de proteína en semillas del género *Lupinus* (Leguminosae) en los ecosistemas agrícola y forestal de la región centro oriental del estado de Puebla. Las poblaciones de *Lupinus* se localizaron entre 2600 y 4000 m s.n.m., en suelos con pH que varía de ácido (4.7) a neutro (7.1), con elevados contenidos de materia orgánica (> 7.8%) y bajos niveles de K^+ intercambiable (< 6 $cmol^+ g^{-1}$). Dichas poblaciones mostraron una gran variabilidad morfológica, resultado de la diversidad de los representantes de este género en el área de estudio. Cuatro especies fueron identificadas con base en sus características morfológicas e intervalo altitudinal: *L. campestris*, localizada entre 2600 y 3052 m sobre el nivel del mar, en bordes de cultivos de maíz y haba o áreas con bosque de *Juniperus deppeana*, *Pinus* spp. y *Abies religiosa*; *L. exaltatus* se encontró entre 2778 y 2865 m de altitud en bosques de *P. montezumae*; *L. hintonii* a 3080 m en bosques de *A. religiosa*; y *L. montanus* a elevaciones superiores a los 3000 m en bosques de *P. hartwegii*, *P. montezumae*, *P. rudis* y *A. religiosa*. Se registraron concentraciones altas de proteína de la semilla entre y en las especies; la primera en promedio varió de 328 a 387 g kg^{-1} de materia seca (MS) y la segunda de 317 g kg^{-1} (una población de *L. exaltatus*) a 481 g kg^{-1} MS (una población de *L. campestris*).

Palabras clave: concentración de proteína, Leguminosae, *Lupinus*, maleza, México, morfología, Puebla.

ABSTRACT

The present study aimed to characterize the diversity of *Lupinus* genus (Leguminosae) present in agricultural and forest ecosystems of eastern central region of the Mexican state of Puebla, and to estimate seed protein concentration in species identified. Natural populations were located from 2600 to 4000 m above sea level in soils with neutral (7.1) to acid (4.7) pH, with high content of organic matter (> 7.8%) and low levels of exchangeable K^+ (< 6 $cmol^+g^{-1}$). Natural populations of *Lupinus* showed a great morphological variability result of diversity of species in this genus present in the study area. Four species were identified based on their morphological characteristics and altitudinal range: *L. campestris*, located at altitudes of 2600 to 3052 m, along edges of corn and faba bean crops or natural vegetation areas in the presence of *Juniperus deppeana*, various species of *Pinus* and *Abies religiosa*; *L. exaltatus* from 2778 to 2865 m in forests of *P. montezumae*; *L. hintonii* at 3080 m associated with *Abies religiosa*; and *L. montanus*, at altitudes above 3000 m associated with *P. hartwegii*, *P. montezumae*, *P. rudis* and *Abies religiosa*. High concentration of seed protein was observed within and between species. Among species, the average protein concentration ranged from 328 to 387 g kg^{-1} of dry matter (DM). Between the species, the concentration ranged from 317 g kg^{-1} (a population of *L. exaltatus*) to 481 g kg^{-1} DM (a population of *L. campestris*).

Key words: legume, *Lupinus*, Mexico, morphology, protein source, Puebla, weed.

INTRODUCCIÓN

El género *Lupinus* es conocido por su elevado contenido de proteína en las semillas y su capacidad regeneradora de suelos; comprende entre 220 y 230 especies (Lewis et al., 2005). Su mayor diversidad se localiza en el Hemisferio Occidental y sólo se conocen 12 nativas de la región mediterránea y del norte de África (Planchuelo, 1994; Gladstones, 1998). Las zonas montañosas de América Central y principalmente de México son consideradas como comarcas de mayor concentración de representantes de *Lupinus* (Dunn, 1984), donde se ha observado una gran heterogeneidad por la plasticidad fenotípica que presenta, los hábitos de crecimiento anuales y perennes, la habilidad para adaptarse a ambientes diversos y el alto grado

de cruzamiento, lo que ha dificultado la delimitación taxonómica de sus especies (Planchuelo, 1994). Para nuestro país, Sousa y Delgado (1998) reportan alrededor de 65 especies de este género; de las cuales ± 60% son consideradas endémicas.

En México, las poblaciones naturales de *Lupinus* crecen en caminos, laderas de cerros, en bosques degradados y en ecosistemas naturales a altitudes que van desde el nivel del mar hasta más de 4000 m. Geográficamente se distribuyen desde Baja California hasta Tamaulipas y al sur hasta Chiapas. No obstante, la mayor concentración de especies se registra en la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico Transversal (Ruiz-Moreno et al., 2000). Para la última se han reportado diferentes representantes de *Lupinus* que crecen de manera natural a partir de 1300 m s.n.m., entre ellas *L. leptophyllus* Schltdl. & Cham., *L. montanus* Kunth, *L. versicolor* Steud., *L. potosinus* Rose y *L. uncinatus* Schltdl. (Alderete-Chávez et al., 2008). En el Parque Nacional Pico de Orizaba, *L. montanus* es una de las especies dominantes del estrato herbáceo junto con *Agrostis tolucensis* y *Muhlenbergia* sp. (Vargas, 1984). Villaseñor y Espinosa (1998) citan a *L. leptophyllus* ("garbancillo") y *L. campestris* como malezas que crecen en orillas de caminos y parcelas en descanso en el Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

A nivel mundial, actualmente se cultivan cuatro especies de *Lupinus*: *L. albus* L., *L. angustifolius* L., *L. luteus* L. y *L. mutabilis* Sweet. Las mismas han sido mejoradas para su uso en alimentación animal y humana (Clements et al., 2005) y el contenido de alcaloides se ha reducido, siendo actualmente inferior a 0.03% (Huyghe, 1997). A diferencia de los lupinos de Europa, norte de África y de América del Sur, donde su cultivo para uso alimenticio data desde hace más de 4000 años, en México no existen reportes del mismo o del uso del grano o del forraje como alimento, debido probablemente a la preferencia de otras fuentes de proteína y al elevado contenido de alcaloides que les confieren un sabor amargo y son tóxicos (Przybylak et al., 2005; Bermúdez-Torres et al., 2009). No obstante, el género ha sido objeto de estudios sistemáticos en nuestro país para conocer la calidad nutrimental y toxicológica de algunas especies. Investigaciones sobre la calidad nutritiva de la semilla de *L. campestris* (Cruz et al., 1999; Rodríguez-Ambriz et al., 2005; Jiménez-Martínez et al., 2009) y *L. exaltatus* (Ruiz-López et al., 2006) han demostrado su alto potencial como fuente de proteína para ser utilizados como complemento en la alimentación humana y animal, previa eliminación de alcaloides por medios físicos (Jiménez-Martínez et al., 2003).

Por otro lado, dada la alta capacidad de las especies de este género para fijar N_2 atmosférico y solubilizar el P, podrían ser también consideradas en la restauración ecológica de suelos degradados (Vance, 2001).

En la porción del Eje Neovolcánico Transversal que atraviesa el estado de Puebla, los *Lupinus* forman parte del paisaje natural, y para promover su aprovechamiento sustentable se realizó un estudio exploratorio con el objetivo de caracterizar la diversidad de especies del género a nivel morfológico y de concentración de proteína en sus semillas en las zonas agrícola y forestal de los Valles de Libres y de Serdán del estado de Puebla, México.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está situada en la parte centro-oriental del estado de Puebla en México, entre las coordenadas 18°52'23.0" y 19°54'43.9" LN y 97°18'49.7" y 97°56'04.0" LW, a una altitud que varía de 1000 a más de 4600 m (Fig. 1). La temperatura promedio anual va de 22 °C en la partes bajas a 4 °C en las altas; la precipitación promedio anual acumulada va de 400 a 800 mm (Gutiérrez-Herrera et al., 2003). La zona está comprendida en la provincia del Eje Neovolcánico, como parte de las subprovincias de los lagos y volcanes del Anáhuac y Chiconguiaco. Las principales elevaciones son el Citlaltépetl (Pico de Orizaba) y el cerro La Negra con 5610 y 4621 m s.n.m., respectivamente.

El área destaca por su importancia agrícola y forestal en el estado de Puebla, actividades que han modificado el paisaje natural afectando probablemente la diversidad de la flora nativa. Zonas agrícolas, principalmente de maíz (*Zea mays* L.) y haba (*Vicia faba* L.), se observan hasta los 3200 m s.n.m., donde se utiliza la práctica de rotación de cultivos, que incrementa el contenido de materia orgánica en el suelo (Molumeli et al., 2008).

MÉTODOS

Se hicieron recorridos iniciales en los meses de octubre y noviembre de 2006 en el área de estudio, para identificar poblaciones de *Lupinus*, siguiendo un gradiente altitudinal a partir de 1800 a 4000 m (Fig. 1). Se consideró una población cuando los individuos del género *Lupinus* formaban grupos compactos pequeños o grandes con características morfológicas similares en el sitio. Durante estos viajes, en 2006, se colectaron ejemplares de *Lupinus* en floración y con presencia de vainas maduras de seis poblaciones en los municipios de Chalchicomula de Sesma y Tlachichuca.

En los meses de octubre a diciembre del año 2007 se realizó una nueva colecta de ejemplares y semillas de *Lupinus*, identificándose 10 poblaciones en los municipios de Esperanza, Atzizintla, Chalchicomula de Sesma, Tlachichuca, Lafragua, Libres y Hueytamalco (Fig. 1). En este año, en cada población se registraron in situ, en

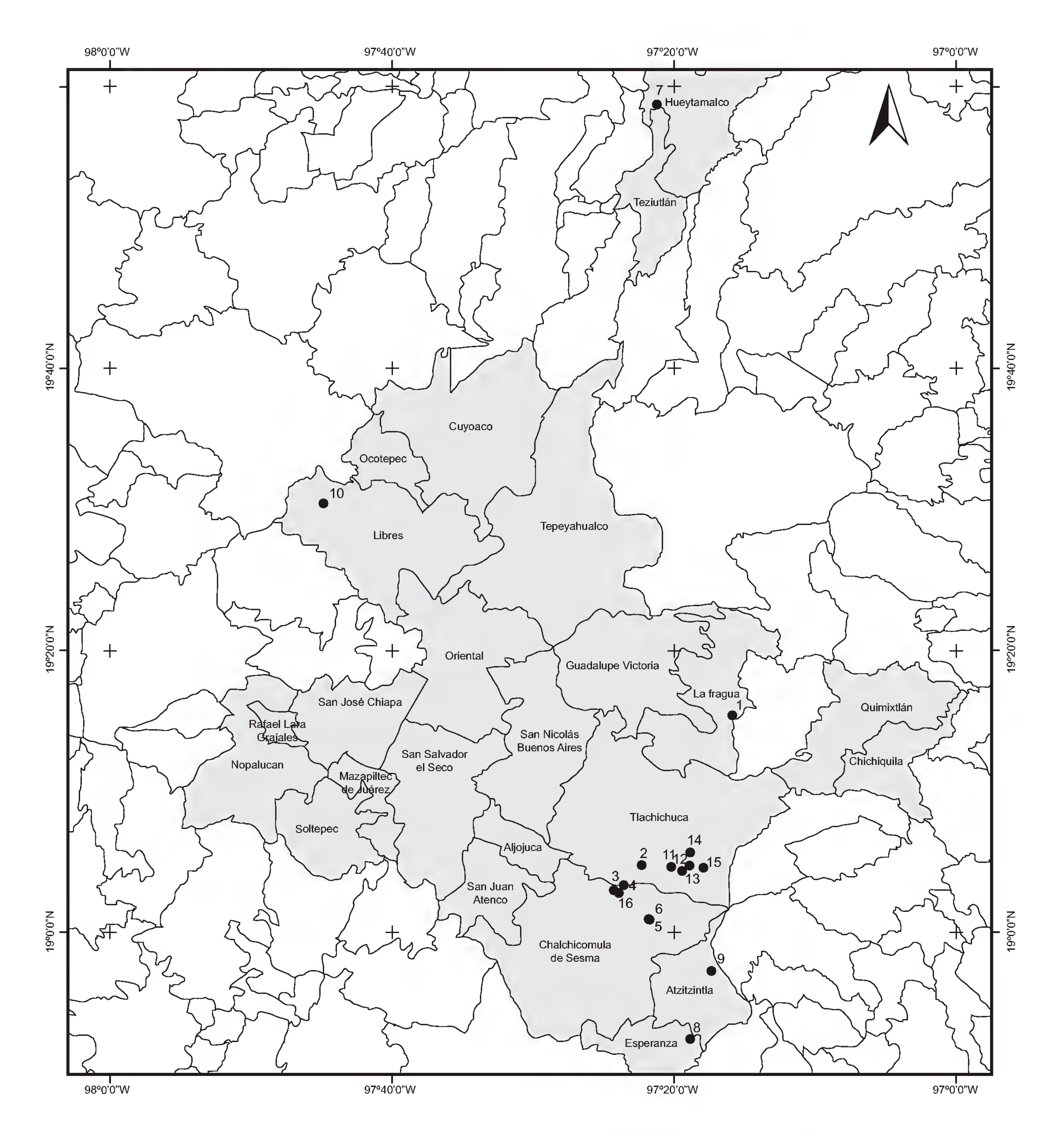


Fig. 1. Localización del área de estudio sombreada, indicando la ubicación de las poblaciones muestreadas del género *Lupinus* en la región de Valles de Serdán y Libres, Puebla. 1-10 (Colecta Octubre-Diciembre 2007); 11-16 (Colecta Noviembre 2006). *L. montanus*: 1, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 15; *L. exaltatus*: 2, 3, 4, 16; *L. hintonii*: 5: *L. campestris*: 7, 8, 10.

5 a 20 plantas según el tamaño de la misma, las variables altura de planta, número de tallos por planta, diámetro del tallo principal, largo de la inflorescencia principal, número, largo y ancho de foliolos por hoja, número y tipo de tallos, presencia y tipo de estípulas, y largo y ancho de vaina. Además, se colectaron por población tres especímenes para su identificación taxonómica, la cual se realizó en primera instancia en el Herbario CSAT del Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, utilizando las claves taxonómicas y descripciones de Dunn (1979) y McVaugh (1987) para la Flora del Valle de México y Flora Novo-Galiciana, y la revisión del complejo de *L. montanus* de Dunn y Harmon (1977). Posteriormente, los ejemplares fueron enviados al herbario del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU) para la validación de su identidad taxonómica, en donde quedaron depositados.

Las coordenadas de los sitios de presencia y colecta de las poblaciones de lupino fueron registradas con un GPS (Garmin GPS 12 Map), se graficaron usando ArcView GIS 3.2 y se ubicaron sobre el mapa de la región de estudio.

La concentración de proteína cruda fue estimada a partir del contenido de nitrógeno total (%N x 6.25) de las semillas obtenidas de diferentes plantas de cada localidad en 2007 (poblaciones 1 a 10), incluyendo, además, las de seis sitios muestreados en 2006 (poblaciones 11 a 16). Las semillas fueron previamente molidas y secadas a 60 °C. Posteriormente 0.3 g de cada harina fueron pesados por triplicado y analizados por el método de semi-micro Kjeldahl digestión húmeda (Jones Jr. et al., 1991).

Muestras representativas de cada suelo donde se ubicaron las plantas de *Lupinus* se tomaron de 0-45 cm de profundidad, para determinar el pH, el contenido de material orgánico (MO) y el K^+ disponible.

El análisis estadístico de los datos consistió en el cálculo de medias y desviaciones estándar con la finalidad de conocer la variabilidad entre las poblaciones en cuanto a caracteres morfológicos y concentración de proteína. Para observar la variación espacial entre las poblaciones muestreadas en los sitios del año 2007 e identificar algunas variables que determinaran la separación de grupos, se realizó también un análisis de componentes principales, utilizando el paquete estadístico SAS versión 8.1 (Anónimo, 2000).

RESULTADOS

Distribución de poblaciones

Dentro de la flora nativa del área de estudio, las especies del género *Lupinus* forman parte de los ecosistemas agrícola y forestal y se les conoce con el nombre

de “flor de San Juan” o “flor de San Pedro”, y son utilizadas como ornamentales durante las fiestas religiosas y como forraje en seco para la alimentación de ovejas. Se localizan a partir de 2615 m s.n.m. en suelos con pH neutro a ligeramente ácido o ácido, con elevado contenido de materia orgánica y bajos niveles de K^+ intercambiable, este último disminuye al incrementarse la altitud (Cuadro 1). Estas condiciones de escasa fertilidad no impiden su crecimiento y desarrollo en el sotobosque o en claros de bosque. De acuerdo con Gladstones (1970), la mayoría de las especies del género crecen en suelos con pH inferior a 6.5 y exhiben un crecimiento reducido a valores de pH superiores a 6.5.

En el área de estudio el ecosistema forestal presenta efectos negativos del cambio de uso del suelo relacionados con la tala excesiva, la expansión de la frontera agrícola y la ganadería, lo que seguramente tiene un impacto en la biodiversidad de la región. Algunas especies arbóreas tienen importancia estratégica por su valor y abundancia en la zona, entre ellas *Pinus montezumae* y *P. oaxacana*. En este ambiente se observaron abundantes poblaciones de *Lupinus* en el sotobosque o en claros de bosque asociadas a diversas especies de *Pinus*, entre ellas *P. oaxacana*, *P. patula*, *P. hartwegii*, y a *Pseudotsuga* sp. y *Abies religiosa* a partir de los 2700 m s.n.m. en los municipios de Esperanza, Atzizintla, Chalchicomula de Sesma y Tlachichuca. En las zonas de transición entre bosques de pino, encino y *Abies,* aproximadamente a 2600 m s.n.m., *Lupinus* está asociado a *Juniperus deppeana*. A partir de los 3400 m s.n.m., éstas se localizan principalmente en bosques de *Pinus rudis* y *P. montezumae*, junto con varias especies de los géneros *Abies*, *Senecio* y *Baccharis,* estas dos últimas en el sotobosque, en el municipio de Tlachichuca. Asimismo, poblaciones abundantes fueron localizadas en bosques de *P. montezumae* asociadas con pastizales de *Muhlenbergia* sp. a altitudes que varían de 2778 a 2785 m, en el mismo municipio de Tlachichuca. Los contenidos de MO en esta zona fluctúan de 7.8 a 10.2%, el pH de 4.7 a 6.1 y los contenidos de K intercambiable son bajos.

En contraste con el ecosistema forestal, en el agrícola las poblaciones de *Lupinus* fueron escasas, pero con un número elevado de individuos en cada sitio, y se localizaron principalmente en los márgenes de cultivos de maíz y/o de haba asociadas con *Coreopsis* sp., *Galinsoga* sp. y *Lopezia* sp. en suelos con pH ácido (5.7), ricos en MO (9%).

Variación morfológica entre las poblaciones e identificación de especies

La amplia variación morfológica observada es el resultado de la diversidad de especies de este género en el área de estudio (Cuadro 2). Las plantas de las poblaciones 1, 6 y 9 presentaron también la mayor altura de todos los sitios colectados y la 5 mostró el más

Cuadro 1. Altitud, características del suelo y especies vegetales asociadas a poblaciones del género *Lupinus* en la región de estudio durante 2006 y 2007.

Altitud m s.n.m.	Población	Especie	Características del suelo			Principales especies asociadas
			pH	MO* (%)	K* ($cmol^{+}g^{-1}$)	
2615	10	*L. campestris*	7.1	10	6	*Juniperus deppeana*
2701	8	*L. campestris*	5.9	7.8	4	Árboles jóvenes de *Pinus patula*, *Pinus montezumae*, *Pseudotsuga* spp.
2778	16	*L. exaltatus*	5.7	9.2	3	*Pinus montezumae*, *Muhlenbergia* sp.
2785	4	*L. exaltatus* *L. campestris*	5.7	9.2	3	*Pinus montezumae*, *Muhlenbergia* sp.
2842	3	*L. exaltatus* *L. campestris*	5.8	10	3	*Pinus montezumae*, *Muhlenbergia* sp.
2865	2	*L. exaltatus*	5.7	9	4	Cultivo de maíz y haba, *Coreopsis* sp., *Galinsoga* sp., *Lopezia* sp., *Pinus montezumae*
2910	11	*L. montanus*	5.6	9.7	2	*Pinus montezumae*
3052	7	*L. campestris*	5.5	8	2	*Pinus montezumae* y *Abies religiosa*, *Tagetes* sp., *Eupatorium* sp., *Stevia* sp.
3080	5	*L. hintonii*	5.6	8.4	3	*Abies religiosa*
3080	6	*L. montanus*	5.6	8.4	3	*Abies religiosa*
3115	1	*L. montanus*	4.7	7.8	2	Límite con cultivo de maíz
3275	9	*L. montanus*	6.1	10.2	3	*Pinus hartwegii*
3292	12	*L. montanus*	5.8	9.2	2	*Pinus montezumae*, *Muhlenbergia* sp.
3423	13	*L. montanus*	4.9	9.2	2	*Pinus montezumae*, *Muhlenbergia* sp.
3471	14	*L. montanus*	-	-	-	*Pinus rudis*, *Pinus montezumae* y *Abies religiosa*
3520	15	*L. montanus*	-	-	-	*Pinus rudis*, *Pinus montezumae* y *Abies religiosa*

*MO = Materia orgánica; K = Potasio

Cuadro 2. Medias, desviaciones estándar e intervalos de variación de los caracteres morfológicos cuantitativos evaluados en las poblaciones del género *Lupinus* colectadas en 2007. Números entre paréntesis indican cantidad de individuos evaluados por población; números en itálicas indican los intervalos de variación de cada carácter por población; L. c = *L. campestris*; L. e = *L. exaltatus*; L. h = *L. hintonii*; L. m = *L. montanus*.

Población (Núm. de individuos)	Altitud m s.n.m.	Especie	Altura m	Número de tallos	Diámetro tallo principal mm	Largo de la inflorescencia cm	Número de foliolos por hoja	Largo de foliolos cm	Ancho de foliolos cm	Largo de vaina cm	Ancho de vaina cm
1(20)	3115	L. m	0.9±0.2	6.8±1.6	13.7±5.6	21.2±9.3	13.0±1.4	6.5±1.1	1.0±0.2	4.6±0.4	1.1±0.1
			0.7-1.5	*4-10*	*8-31*	*12.5-45*	*10-15*	*4.5-8.4*	*0.8-1.5*	*3.8-5.1*	*0.9-1.4*
2(20)	2865	L. e	0.6±0.1	1.5±0.9	13.9±2.9	3.1±1.1	5.5±0.6	2.7±0.6	0.9±0.1	3.5±0.7	0.8±0.1
			0.3-0.9	*1-4*	*8-20.5*	*1.5-5.7*	*4-6.5*	*1.9-4*	*0.6-1.2*	*1.6-4.3*	*0.6-1.0*
3(19)	2842	L. e	0.9±0.1	1.9±0.9	18.5±4.1	7.9±3.4	5.2±0.9	3.8±1.2	1.1±0.3	3.8±0.3	0.8±0.1
			0.7-1.1	*1-4*	*13-27*	*2.2-13*	*3.5-7*	*1.9-6*	*0.7-1.6*	*3.2-4.4*	*0.7-1.0*
4(12)	2785	L. e	0.7±0.1	2.2±1.3	15.1±3.8	7.4±1.5	5.3±0.4	4.0±0.8	1.1±0.2	4.4±0.4	1.0±0.1
			0.5-1.0	*1-5*	*10-21*	*5-9.5*	*5-6*	*2.3-5.2*	*0.7-1.5*	*3.7-5*	*0.8-1.1*
5(5)	3080	L. h	0.8±0.2	7.8±5.5	9.8±1.9	11.4±4.0	6.8±0.4	4.2±0.3	0.9±0.2	6.9±2.1	1.7±0.6
			0.7-1.1	*2-16*	*8-13*	*7-16*	*6-7*	*3.8-4.7*	*0.8-1.2*	*4.6-9.5*	*0.8-2.5*
6(20)	3080	L. m	1.7±0.4	2.9±1.3	17.5±6.1	20.5±6.2	12.9±0.9	7.1±0.9	1.0±0.1	4.0±0.3	0.9±0.1
			1.2-2.4	*1-6*	*10-31*	*11.6-35*	*11.5-15*	*5.7-9.1*	*0.8-1.3*	*3.3-4.5*	*0.8-1.0*
7(20)	3052	L. c	0.8±0.2	2.4±1.9	15.5±4.9	11.4±3.1	5.3±0.4	4.5±0.8	1.1±0.2	4.0±0.2	0.9±0.1
			0.3-1.2	*1-7*	*8-27*	*7-18.5*	*4.5-6*	*2.8-5.8*	*0.8-1.5*	*3.7-4.7*	*0.8-1.0*
8(11)	2701	L. c	0.5±0.1	1.6±1.0	10.8±3.0	6.9±2.0	5.7±1.1	4.1±1.0	1.1±0.2	3.8±0.7	0.9±0.2
			0.4-0.7	*1-4*	*8-19*	*4-10.5*	*4.8-8*	*2.9-6.2*	*0.9-1.5*	*2.3-5*	*0.5-1.2*
9(20)	3275	L. m	1.5±0.4	2.7±1.3	18.8±7.4	19.4±5.6	11.9±0.7	6.3±1.4	0.7±0.1	3.7±0.4	1.0±0.3
			0.9-2.3	*1-5*	*9-35*	*7-30*	*10.5-13*	*3.5-8.5*	*0.5-0.9*	*2.9-4.3*	*0.8-2.3*
10(20)	2615	L. c	0.6±0.1	1.0±0.0	9.8±2.9	6.9±3.7	6.1±0.5	4.6±0.9	1.2±0.2	3.3±0.2	0.8±0.1
			0.3-0.8	*1-1*	*5-16*	*0.3-13*	*5-7*	*3-6*	*0.9-1.8*	*2.9-3.7*	*0.7-0.9*

grande largo de vaina. Se registró también amplia diversidad morfológica entre los individuos al interior de las poblaciones. Los intervalos de variación más amplios fueron para el diámetro del tallo principal y el largo de la inflorescencia en las poblaciones 1, 6 y 9.

Para observar la variabilidad espacial de las poblaciones y su separación de acuerdo con los caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos (presencia y forma de estípulas, y tipo de tallo), se realizó el análisis de componentes principales (Fig. 2). Los tres primeros explicaron 69% de la variación, correspondiendo 35% al primero, 18.4% al segundo y 15.5% al tercero. Las variables que contribuyeron a la definición del componente principal uno (ACP1) fueron altura de planta, longitud de inflorescencia y número de foliolos por hoja; para el dos (ACP2) fueron largo y ancho de vaina y forma de estípulas, y para el componente tres (ACP3) largo de foliolos, forma de estípulas y tipo de tallo. En la figura 2 se observa que, con base en las características morfológicas evaluadas, las poblaciones 2, 3, 4 que corresponden a *L. exaltatus* se agrupan con la 7, 8 y 10 de *L. campestris*, y se separan de la 1, 6 y 9 de *L. montanus*, por altura de planta, número de foliolos por hoja y forma de estípulas. La 5, de *L. hintonii*, diverge del resto al presentar diferencias marcadas en largo y ancho de vaina, tipo de tallos y forma de estípulas.

Estas características morfológicas, aunadas a las contenidas en las claves taxonómicas y descripciones consultadas (Dunn, 1979; McVaugh, 1987; Dunn y Harmon, 1977), permitieron identificar cuatro especies de *Lupinus* en los sitios muestreados en 2007. Todas las plantas recolectadas presentaron predominantemente flores de color morado-azuloso.

La población 5, que corresponde a la especie *L. hintonii*, presenta un intervalo de altura de planta que va de 70 a 110 cm, diámetro del tallo principal de 8 a 13 mm, con 6 a 7 foliolos por hoja, longitud y ancho de foliolos de 3.8 a 4.7 cm y 0.8 a 1.2 cm, respectivamente, tallos delgados y sólidos, estípulas pequeñas, además de presentar el mayor tamaño de vaina (4.6 a 9.5 cm). Sólo se estudiaron plantas de una localidad de esta especie, en la cual se encontró un bajo número de individuos, establecidos en suelos con pH de 5.6 en bosques de *A. religiosa*, a una altitud de 3080 m (Cuadro 1).

Las poblaciones 7, 8 y 10 correspondieron a *L. campestris*. Se localizaron a partir de 2615 m s.n.m., asociadas a *Juniperus deppeana*, *P. patula*, *Pseudotsuga* spp., *P. montezumae* y *A. religiosa*, en bordes de terrenos cultivados con maíz hasta altitudes de 3052 m. Éstas presentaron una altura promedio de planta de 0.8, 0.5 y 0.6 m, respectivamente, además de tallos sólidos, estípulas de 5 a 12 mm de largo, peciolos de 4 a 8 cm de largo, y 4.5 a 8 foliolos por hoja (Cuadro 2). Se localizaron en suelos con pH ácido a neutro (5.5 a 7.1).

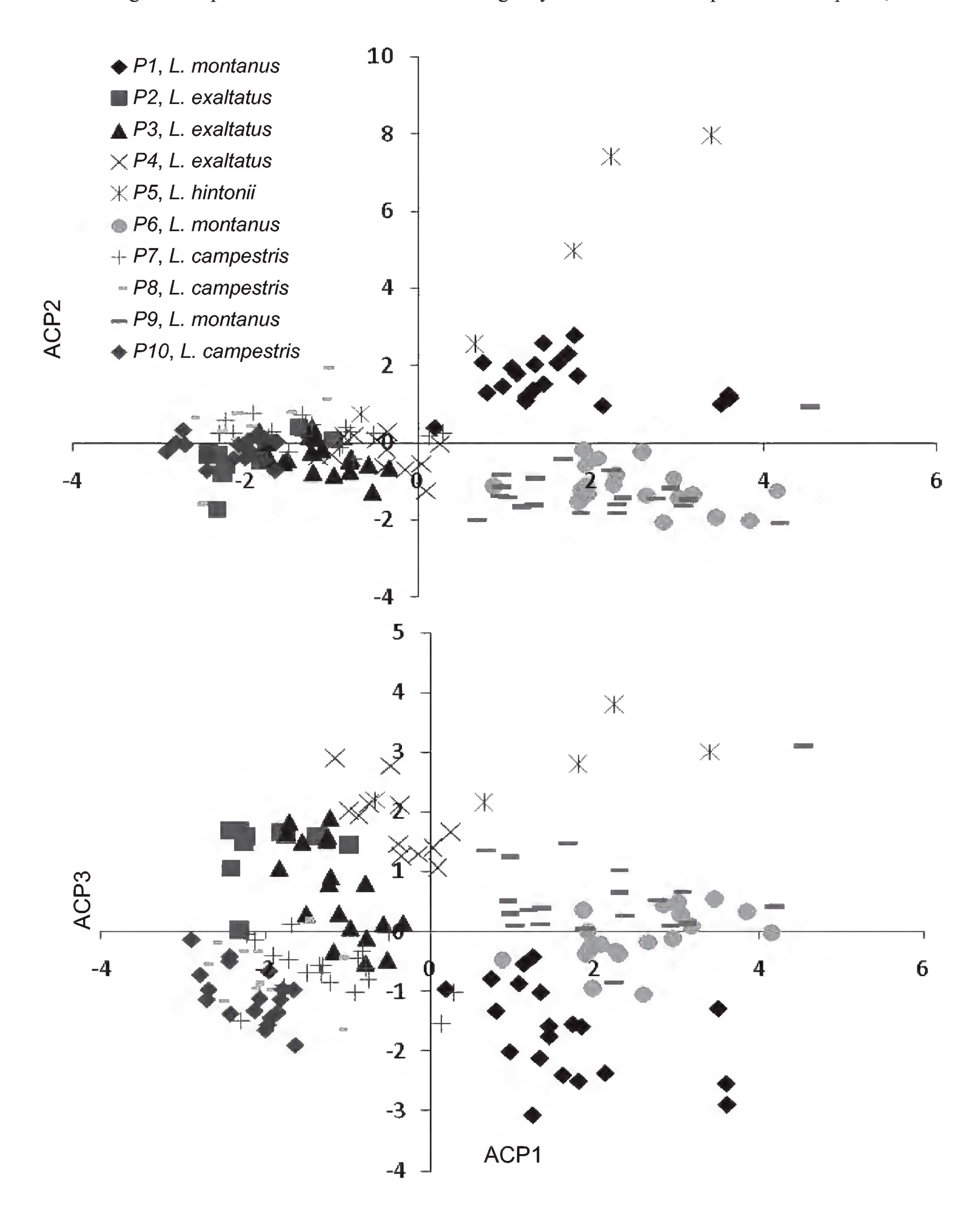


Fig. 2. Ubicación espacial de 10 poblaciones silvestres del género *Lupinus* colectadas en 2007, con base en los tres primeros componentes principales de variables morfológicas cuantitativas y cualitativas. ACP1: altura de planta, longitud de inflorescencia y número de foliolos por hoja. ACP2: largo y ancho de vaina y forma de estípulas. ACP3: largo de foliolos, forma de estípulas y tipo de tallo.

Las características morfológicas de las poblaciones 2, 3, 4 correspondieron a *Lupinus exaltatus*; se ubicaron a partir de 2785 m s.n.m. en suelos con pH ácido y en bosques de *P. montezumae* con pastizal de *Muhlenbergia* sp. en el sotobosque. Presentaron una altura de planta de 0.3 a 1.0 m, estípulas pequeñas, unidas ligeramente en la base de los peciolos, tallos huecos, inflorescencias de 1.5 a 13 cm de largo, 4 a 7 foliolos por hoja, largo y ancho promedio de foliolos de 2.7, 3.8 y 4.0 cm y 0.9, 1.1 y 1.1 cm, respectivamente, vainas de 1.6 a 5 cm de largo y de 0.8 a 1.1 cm de ancho. En el año 2006, otro rodal de esta especie fue localizada a 2778 m s.n.m. en la misma área. A igual altitud se localizó también la existencia de *L. campestris*.

Finalmente, las poblaciones 6 y 9 se identificaron como *L. montanus* con altura de planta de 1.2 a 2.4 m, diámetro del tallo principal de 9 a 35 mm, largo de inflorescencias de 7 a 35 cm, de 10.5 a 15 foliolos por hoja, largo y ancho de foliolos de 3.5 a 9.1 cm y de 0.5 a 1.3 cm, respectivamente, estípulas grandes, envainantes y unidas en la base. Estas dos poblaciones (6 y 9) se encontraron en bosques de *A. religiosa* y *P. hartwegii*, en altitudes de 3080 a 3275 m (Cuadro 1). Otros rodales de *L. montanus* fueron observados durante el recorrido en el año 2006, a altitudes superiores a los 3400 m, en suelos con pH ácido (4.9) y asociadas a bosque de *P. montezumae* con pastizal de *Muhlenbergia* sp. en el sotobosque; pero también se observaron en presencia de *P. rudis* y *A. religiosa* (Cuadro 1).

Concentración de proteína

Se cuantificaron altas proporciones de proteína cruda en las semillas de 16 localidades colectadas en los años 2006 y 2007 (Cuadro 3). La concentración promedio entre especies varió de 328 a 481 g kg^{-1} MS (Cuadro 3). Entre poblaciones de una misma especie el intervalo fue más amplio. La mayor variación se observó entre las número 7, 8 y 10 de *L. campestris* (339 a 481 g kg^{-1} MS); para *L. montanus*, 2006 y 2007, fue de 339 a 420 g kg^{-1} MS; para las de *L. exaltatus* de 317 a 404 g kg^{-1} MS y para *L. hintonii* de 299 a 356 g kg^{-1} MS; siendo la población 16 (*L. exaltatus*) y la 10 (*L. campestris*) las que presentaron, en este orden, la más baja (317 g kg^{-1} MS) y la más alta (481 g kg^{-1} MS) concentración de proteína en la semilla.

DISCUSIÓN

Las especies de *Lupinus* son un componente de la biodiversidad natural en la región de los Valles de Libres y Serdán del estado de Puebla, abundantes en el ecosistema forestal, tanto en el sotobosque como en claros del bosque, donde forman

Cuadro 3. Medias e intervalos de variación de la concentración de proteína en la semilla de poblaciones de *Lupinus* spp. colectadas en la región de estudio.

Altitud m s.n.m.	Población	Especie	Año de colecta	Concentración de proteína ($g\ kg^{-1}$ MS)	
				Media[a]	Intervalo de variación[a]
3115	1	*L. montanus*	2007	339	319.8-358.2
3080	6	*L. montanus*	2007	382	350.6-413.4
3275	9	*L. montanus*	2007	404	379.7-428.3
2910	11	*L. montanus*	2006	361	335.8-386.2
3292	12	*L. montanus*	2006	394	351.4-436.6
3423	13	*L. montanus*	2006	420	395.9-444.1
3471	14	*L. montanus*	2006	399	374.9-423.1
3520	15	*L. montanus*	2006	400	375.6-424.4
			Media[b]	387.4	361.0-420.0[b]
2865	2	*L. exaltatus*	2007	404	382.1-425.9
2842	3	*L. exaltatus*	2007	349	331.2-366.8
2785	4	*L. exaltatus*	2007	404	383.7-424.3
2778	16	*L. exaltatus*	2006	317	306.0-328.0
			Media[b]	368.5	317.0-404.0[b]
3080	5	*L. hintonii*	2007	328	299.5-356.5
3052	7	*L. campestris*	2007	339	312.1-365.9
2701	8	*L. campestris*	2007	349	326.2-371.8
2615	10	*L. campestris*	2007	481	432.5-529.5
			Media[b]	372	339.0-481.0[b]

[a]Media e intervalo de variación al interior de una población. [b]Media e intervalo de variación entre poblaciones de una misma especie.

grandes poblaciones, como es el caso de *L. montanus,* a partir de 2600 m s.n.m. Por el contrario, en las tierras agrícolas se observaron pocas plantas, tal vez a causa del laboreo continuo de los suelos de cultivo y de la presencia de roedores, factores que podrían tener un efecto negativo sobre la reserva de semillas (Maron y Simms, 1997). Además, sus inflorescencias son cortadas para las fiestas religiosas de la región, lo que conlleva a una presión adicional sobre los bancos de tales propágulos.

Las poblaciones de *Lupinus* muestreadas en el presente estudio crecen en suelos con pH neutro a ácido, lo cual coincide con lo reportado en la Sierra Nevada (Alderete-Chávez et al., 2008) y en Europa y Sudamérica (Gladstones, 1970). Tal hecho les confiere una ventaja adaptativa sobre otras leguminosas ricas en proteína para colonizar áreas con este tipo de tierras de baja fertilidad.

Se observó una amplia variabilidad morfológica en las poblaciones de *Lupinus* estudiadas. La misma ya fue sugerida por Bermúdez-Torres et al. (2000) para México, en particular en el Eje Neovolcánico Transversal. Cox (1975) la atribuye a la gran plasticidad que presentan las especies de este género para adaptarse a los diferentes ambientes, y al alto grado de hibridación entre ellas. Esta diversidad puede ser aprovechada en la selección de atributos de interés agronómico.

De las especies de *Lupinus* identificadas en la región, la menos frecuente fue *L. hintonii*, encontrada en bosques de *Abies religiosa*, a una altitud de 3080 m. Bermúdez-Torres et al. (2002) la reportan entre 2800 y 3200 m s.n.m. en bosques de pino-encino en el estado de Morelos, México, indicando que su morfología es muy cercana a la de *L. montanus*, pero tiene diferente composición de alcaloides. La presencia de esta última a partir de 3000 m s.n.m. en distintas regiones del Eje Neovolcánico Transversal es también reportada por Alderete-Chávez et al. (2008) y Bermúdez-Torres et al. (2009). *L. montanus* es la especie más frecuente en la región de estudio y crece en altitudes superiores a 2900 m. Vargas (1984) la cita ya como planta dominante en el Parque Nacional Pico de Orizaba. También en la región forestal, pero a altitudes inferiores, se localizaron poblaciones de *L. exaltatus,* cuya presencia asimismo se registra en el Nevado de Colima, a partir de 1700 m (Ruiz-López et al., 2006). El otro taxon identificado en la región correspondió a *L. campestris*.

La concentración de proteína cuantificada en la población 10 de *L. campestris* (481 g de proteína kg^{-1} MS) es más alta que la reportada por Jiménez-Martínez et al. (2009) en semillas de la misma especie colectadas en el estado de Morelos (411.7 g kg^{-1} MS). En cambio, las encontradas en *L. exaltatus* fueron similares a las observadas por Ruiz-López et al. (2006) en poblaciones de esta planta colectadas en el Nevado de Colima, y a los valores reportados para especies domesticadas de lupinos: *L. angustifolius*, *L. luteus, L. albus* y *L. mutabilis* (300-440 g kg^{-1} MS) por Petterson (1998) y Sujak et al. (2006). En comparación con otras leguminosas de grano, las plantas estudiadas mostraron concentraciones de proteína superiores a las conocidas para lenteja (*Lens culinaris*, 267 g kg^{-1} MS), haba (*Vicia faba*, 300 g kg^{-1} MS) y frijol (*Phaseolus vulgaris*, 290 g kg^{-1} MS) y semejantes a las de la soya (*Glycine max*, 405 g kg^{-1} MS) (Cubero y Moreno, 1983; Favier et al., 1995). También se observó variación en los contenidos de proteína entre las poblaciones de una misma especie. Jiménez et al. (1991) reportan

diferencias entre sitios para contenidos de proteína en la semilla de *L. albus*, relacionadas con factores de fertilidad del suelo y ambientales como la temperatura. En otras especies de *Lupinus* nativas de Europa (Sujak et al*.,* 2006), la concentración de proteína de la semilla varía de 295 a 482 g kg^{-1} MS; en *L. albus* de 351 a 376 g kg^{-1} MS, en *L. angustifolius* de 295 a 356 y en *L. luteus* de 447 a 482 g kg^{-1} MS., intervalos similares a los observados para las plantas mexicanas en nuestro estudio.

Recientemente diversos grupos de investigación han realizado estudios nutricionales sobre especies de *Lupinus* nativas de nuestro país (Przybylak et al*.,* 2005; Rodriguez-Ambriz et al*.,* 2005; Ruiz-López et al., 2006; Jiménez-Martínez et al., 2009), mostrando que presentan características nutricionales sobresalientes que pueden ser aprovechadas para la alimentación humana o animal. Estas plantas, colectadas en otras regiones del país y que han sido identificadas en la región de estudio con concentraciones similares o más elevadas de proteína, adaptación a diferentes altitudes y suelos ácidos de baja fertilidad, muestran una vía promisoria para su aprovechamiento sustentable, sea para restauración ecológica y/o como alternativa proteica o de componentes bioactivos para la alimentación humana o animal en nuestro país. Particularmente, estudios básicos sobre aspectos de agronomía que incluyan genética, fisiología, bioquímica, taxonomía entre otros, son elementos clave que permitirán la selección de la especie o las especies para el inicio del proceso de domesticación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del M.C. Antonio López Castañeda en la elaboración de la figura 1 y al M.C. Arnulfo Triano Sánchez quién ayudó en la preparación de muestras para análisis proteico. Un reconocimiento especial al Dr. Alfonso Delgado Salinas, del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, por haber aceptado amablemente revisar la identificación taxonómica de los ejemplares botánicos. Igualmente, los autores agradecen a los revisores anónimos quienes con sus valiosas observaciones enriquecieron este documento.

LITERATURA CITADA

Alderete-Chávez, A., V. Espinosa, E. Ojeda, M. Ehsan, J. Pérez-Moreno, V. M. Cetina, D. A. Rodríguez-Trejo y N. de la Cruz-Landero. 2008. Natural distribution and principal characteristics of *Lupinus* in the oriental face of Tláloc Mountain in Sierra Nevada, México. J. Biol. Sci. 8: 604-609.

Anónimo. 2000. SAS. Version 8.1. SAS Institute. Cary, USA.

Bermúdez-Torres, K., N. Robledo-Quintos, J. Martínez-Hernández, A. Tei y M. Wink. 2000. Biodiversity of the genus *Lupinus* in Mexico. In: van Santen, E., M. Wink, S. Weissman y P. Roemer (eds.). Lupin an ancient crop for the new millenium. Proceedings of the 9th International Lupin Conference. 20-24 June, 1999. Klink, Alemania. pp. 294-296.

Bermúdez-Torres, K., N. Robledo-Quintos, L. L. Barrera-Necha y M. Wink. 2002. Alkaloid profile of leaves and seeds of *Lupinus hintonii* C. P. Smith. Z. Naturforsch (C) 57: 243-247.

Bermúdez-Torres, K., J. Martínez, B. R. Figueroa, M. Wink y L. Legal. 2009. Activity of quinolizidine alkaloids from three Mexican *Lupinus* against the lepidopteran crop pest *Spodoptera frugiperda*. BioControl 54: 459-466.

Clements, J. C., B. J. Buirchel, H. Yang, P. M. C. Smith, M. W. Sweetingham y C. G. Smith. 2005. Lupin. In: Singh, R. J. y P. P. Jauhar (eds.). Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement grain legumes. Volume I. CRC Press, LLC. eBook. Boca Raton, Florida, USA.

Cox, B. J. 1975. Affinities of *Lupinus prunophilus* Jones and *L. ammophilus* Greene (Papilionaceae). Southwest. Nat. 20(2): 159-170.

Cruz, B. J., A. L. Martínez, R. Maldonado y G. Dávila. 1999. Cloning of a *Lupinus campestris* gamma conglutin fragment. In: van Santen, E., M. Wink, S. Weissman y P. Roemer (eds.). Lupin an ancient crop for the new millennium. Proceedings of the 9th International Lupin Conference. 20-24 June, 1999. Klink, Alemania. pp. 63.

Cubero, J. I. y M. T. Moreno. 1983. Leguminosas de grano. Mundi-Prensa. Madrid, España. 359 pp.

Dunn, D. B. 1979. *Lupinus*. In: Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. Volumen 1. Compañía Editorial Continental, S.A. México, D.F., México. pp. 326-338.

Dunn, D. B. 1984. Genetic resources: Cytotaxonomy and distribution of New World lupin species. Proceedings of the 3th International Lupin Conference. 4-8 June, 1984. La Rochelle, Francia. pp. 68-85.

Dunn, D. B. y W. E. Harmon. 1977. The *Lupinus montanus* complex of Mexico and Central America. Ann. Missouri Bot. Gard. 64(2): 340-365.

Favier, J. C., J. L. Ripert, C. Toque y M. Feinberg. 1995. Répertoire général des aliments (table de compositions). 2a. ed. Institute National de la Recherche Agronomique Editions. Paris, Francia. 928 pp.

Gladstones, J. S. 1970. Lupins as crop plants. Field Crop Abst. 23: 123-148.

Gladstones, J. S. 1998. Distribution, origin, taxonomy, history and importance. In: Gladstones, J. S., J. S. Atkins y C. Hamblin (eds.). *Lupinus* as crop plants. Biology, production and utilization. CAB International. Oxon, UK. pp. 1-39.

Gutiérrez-Herrera, L., M. J. Cuervo y E. O. Ortiz. 2003. Regiones naturales y de planeación para el estado de Puebla. Análisis Económico 18(37): 257-296.

Huyghe, C. 1997. White lupin (*Lupinus albus* L.). Field Crops Res. 53: 147-160.

Jiménez, M. D., J. J. Cubero y A. Haro. 1991. Genetic and environmental variability in protein, oil and fatty acid composition in high-alkaloid white lupin (*Lupinus albus*). J. Sci. Food Agric. 55(1): 27-35.

Jiménez-Martínez, C., R. Campos-Mendiola, M. E. Sánchez-Espíndola, A. Jiménez-Aparicio, G. Gutiérrez-López y G. Dávila-Ortiz. 2009. Microstructural changes in *Lupinus campestris* seed in response to three thermal debittering treatments. J. Sci. Food Agric. 89(14): 2399-2404.

Jiménez-Martínez, C., H. Hernández-Sánchez y G. Dávila-Ortiz. 2003. Lupines: an alternative for debittering and utilization in foods. In: Gutiérrez-López, G. F. y G. V. Barbosa-Cánovas (eds.). Food Science and Food Biotechnology. Capítulo 11. CRC Press, LLC. eBook. Boca Raton, Florida, USA.

Jones Jr. J. B., B. Wolf y H. A. Mills. 1991. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro Publishing. Atenas, Grecia. 357 pp.

Lewis, G. P., B. Schrire, B. Mackinder y M. Lock (eds.). 2005. Legumes of the world. Royal Botanic Gardens. Kew, UK. 577 pp.

Maron, J. L. y E. L. Simms. 1997. Effect of seed predation on seed bank size and seedling recruitment of bush lupine (*Lupinus arboreus*). Oecologia 111: 76-83

McVaugh, R. 1987. *Lupinus*. In: Anderson, W. (ed.). Flora Novo-Galiciana. Vol. 5. Leguminosae. The University of Michigan Press. Ann. Arbor., USA. pp. 580-599.

Molumeli, A. P., V. Espinosa, M. Ehsan, S. B. Valdez, E. Ojeda, V. M. Cetina, A. Alderete-Chávez, N. de la Cruz-Landero y K. Santamaría. 2008. Lupines-invaded pine forests and cultivated scrublands in volcanic ash soils in Mexico: dry-sieved aggregation and instability indices. Int. J. Bot. 4(4): 390-405.

Petterson, D. S. 1998. Composition and food uses of *Lupinus*. In: Gladstones, J. S., C. A. Atkins y J. Hamblin (eds.). *Lupinus* as crop plant. Biology, production and utilization. CAB International. Oxon, UK. pp. 353-384.

Planchuelo, A. M. 1994. Wild lupin distribution and its implications as germplasm resources. In: Neves Martins, J. M. y M. L. Beirao da Costa (eds.). Advances in lupin research. Proceedings of 7th International Lupin Conference. Evora, Portugal. Technical University of Lisbon. Lisboa, Portugal. pp. 65-69.

Przybylak, J. K., D. Ciessiolka, W. Wysocka, P. M. García-López, M. A. Ruiz-López, W. Wysocki y K. Gulewicz. 2005. Alkaloid profiles of Mexican wild lupin and an effect of alkaloid preparation from *Lupinus exaltatus* seeds on growth and yield of paprika (*Capsicum annuum* L.). Ind. Crop Prod. 21: 1-7.

Rodríguez-Ambriz, S. L., A. L. Martínez-Ayala, F. Millán y G. Dávila-Ortiz. 2005. Composition and functional properties of *Lupinus campestris* protein isolates. Plant Foods Hum. Nutr. 60: 99-107.

Ruiz-López, M. A., M. R. Rodríguez y S. Navarro P. 2006. Evaluación químico-nutricional de *Lupinus exaltatus* Zucc., del Nevado de Colima, México, como fuente potencial de forraje. Interciencia 31(10): 758-761.

Ruiz-Moreno, J. J., M. A. Ruiz-López y J. F. Zamora-Natera. 2000. The genus *Lupinus*: taxonomy and distribution in Jalisco, Mexico. In: van Santen, E., M. Wink, S. Weissman y P. Roemer (eds.). Lupin an ancient crop for the new millennium. Proceedings of the 9th International Lupin Conference. 20-24 June, 1999. Klink, Alemania. pp. 297-300.

Sousa, S. M. y A. Delgado S. 1998. Leguminosas mexicanas: fitogeografía, endemismo y orígenes. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot & J. Fa (comp.). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. pp. 449-500.

Sujak, A., A. Kotlarz y W. Strobel. 2006. Compositional and nutritional evaluation of several lupin seeds. Food Chem. 98: 711-719.

Vance, C. P. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a world of declining renewable resources. Plant Physiol. 127: 390-397.

Vargas, M. F. 1984. Parques nacionales de México y reservas equivalentes; pasado, presente y futuro. Colección: Grandes problemas nacionales. Serie “Los Bosques de México”. Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 266 pp.

Villaseñor, R. J. L. y F. J. Espinosa. 1998. Catálogo de malezas de México. Ediciones Científicas Universitarias. Serie Texto Científico Universitario. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica. México, D.F., México. 449 pp.

Recibido en abril de 2010.

Aceptado en diciembre de 2011.

Acta Botanica Mexicana 99: 91-104 (2012)

LA FLORA VASCULAR ENDÉMICA EN EL ESTADO DE QUERÉTARO. I. ANÁLISIS NUMÉRICOS PRELIMINARES Y DEFINICIÓN DE ÁREAS DE CONCENTRACIÓN DE LAS ESPECIES DE DISTRIBUCIÓN RESTRINGIDA

Jerzy Rzedowski[1], Graciela Calderón de Rzedowski y Sergio Zamudio

Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío,
Apdo. postal 386, 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México.
[1]Autor para la correspondencia: jerzy.rzedowski@inecol.edu.mx

RESUMEN

Con bases firmes, la flora vascular del estado de Querétaro se estima en poco más de 4000 especies. De éstas 1625 (entre especies y entidades subespecíficas) se han inventariado en forma crítica en 174 fascículos publicados de la Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. De los 1625 taxa, 588 (36.18%) son de distribución vasta. De los 1037 restantes, 709 (43.63%) sólo se registran de México y 328 (20.18%) restringen su distribución a Megaméxico 1, Megaméxico 2 y Megaméxico 3; 45 especies (2.76%) son endémicas a los límites del estado de Querétaro; 26 (1.6%) no se conocen sino de Querétaro e Hidalgo. La Sierra Madre Oriental, el centro de México, la Altiplanicie Mexicana y el Eje Volcánico Transversal contribuyen respectivamente con 94 (5.78%), 92 (5.66%), 37 (2.27%) y 13 (0.8%) especies de distribución limitada a las correspondientes regiones del territorio de la República. Los siguientes sectores de Querétaro se identifican como particularmente diversos en cuanto a especies de repartición restringida al estado: a) porción queretana de la Sierra Madre Oriental, b) la región más seca del estado ubicada en el centro del mismo, c) el profundo cañón del río Moctezuma, d) la parte alta del cerro Zamorano.

Palabras clave: endemismo, flora, México, Querétaro.

ABSTRACT

The vascular flora of the state of Queretaro is now estimated in somewhat more than 4000 species. 1625 of these (among species and subspecific entities) have been critically

treated in 174 published fascicles of the Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Out of these 1625 taxa, 588 (36.18%) are of wide distribution. Out of the remaining 1037, 709 (43.63%) are only known from Mexico and 328 (20.18%) limit their distribution to Megamexico 1, Megamexico 2 and Megamexico 3; 45 (2.76%) species are endemic to the limits of the state of Queretaro: 26 (1.6%) are only known from the states of Queretaro and Hidalgo. The Sierra Madre Oriental, central Mexico, the Mexican High Plateau and the Volcanic Transversal Belt contribute respectively with 94 (5.78%), 92 (5.66%), 37 (2.27%) and 13 (0.8%) species of distribution restricted to their respective regions of Mexico. The following parts of Querétaro are identified as particularly diverse in species endemic to the state limits: a) the Queretaran part of Sierra Madre Oriental, b) the driest region of the state located in its central part, c) the deep canyon of Moctezuma river, d) the highest part of Zamorano peak.

Key words: endemism, flora, Mexico, Querétaro.

INTRODUCCIÓN

Hace unos 30 años todavía la flora de Querétaro era una de las menos conocidas de México, pues parte de su territorio carecía de buenas vías de comunicación y por consiguiente no resultaba atractivo para la gran mayoría de los colectores.

En 1991 Argüelles et al. publicaron una lista basada en los acervos existentes hasta esa fecha en los principales herbarios mexicanos, en la cual se reconocen 2334 especies de plantas vasculares. En 1992 Zamudio et al. estimaron que la riqueza florística del estado debe contener unas 1000 entidades adicionales. Arreguín et al. (1997) le adscribieron 2421 especies, mientras que Villaseñor (2003) calculó su diversidad de Magnoliophyta en 2887. En la actualidad la base de datos del herbario del Centro Regional del Bajío del Instituto de Ecología, A.C. (IEB) revela la existencia de ejemplares pertenecientes a 3935 especies de Tracheophyta, por lo que el inventario real, sin mucha duda, debe superar (aunque probablemente no en forma substancial) las 4000. Este número equivale a cerca de la quinta parte de la riqueza total calculada para el territorio de la República Mexicana.

Dada la relativa pequeñez del territorio del estado de Querétaro, tal cantidad lo ubica entre las porciones moderadamente ricas en cuanto a su flora concierne, y en virtud de esta circunstancia, la presente contribución pretende definir la importancia que en su universo vegetal juegan los elementos de distribución restringida.

En esta primera parte se da cuenta de los resultados del análisis numérico del endemismo y se señalan las porciones del estado en las que se concentran

las especies de distribución restringida a los límites del mismo. En un segundo artículo se pretende enumerar e ilustrar todas las plantas conocidas de área prácticamente restringida a los límites de Querétaro, indicando su ubicación geográfica y ecológica conocida, así como una estimación de su grado de vulnerabilidad a la extinción.

ÁREA DE ESTUDIO

El territorio del estado de Querétaro tiene una extensión aproximada de 11,800 km^2 y se encuentra ubicado en el centro-este de la República Mexicana. Su superficie constituye una especie de transecto, en el cual cabe distinguir tres regiones fisiográficas: la Sierra Madre Oriental, que ocupa más de un tercio nororiental, el Eje Volcánico Transversal que participa en forma de una franja meridional relativamente angosta, y la Altiplanicie Mexicana que constituye la amplia porción intermedia (Fig. 1).

La variada topografía incluye llanuras salpicadas con numerosos cerros y pequeñas sierras de diversos tamaños y elevaciones, profundos cañones y barrancas excavadas por los ríos, así como grandes cuerpos montañosos, cuyo relieve particularmente abrupto se manifiesta sobre todo en la Sierra Madre Oriental, esencialmente formada por rocas sedimentarias marinas, mientras que en el resto de Querétaro prevalecen las de directo o indirecto origen volcánico. Las altitudes oscilan entre 270 y 3360 m.

Los climas secos (BS de la clasificación de Köppen) prevalecen en la mayor parte del estado, les siguen en importancia los templados semihúmedos (Cw). Sólo una pequeña fracción los presenta húmedos de las categorías (A)C(m), (A)C(fm) y C(m), de acuerdo con la misma clasificación modificada por García (1973). Las temperaturas medias anuales varían entre 14 y 25 °C y la precipitación recibida en promedio anual es de 350 a 2500 mm.

En concomitancia con lo anterior, los matorrales xerófilos en sus diferentes variantes predominan en la cubierta vegetal de Querétaro. No faltan los pastizales, así como encinares, bosques de coníferas y bosques tropicales caducifolios. Una extensión bastante reducida en el noreste ocupa el bosque mesófilo de montaña y una aún más pequeña el bosque tropical subcaducifolio. Las comunidades acuáticas y subacuáticas también tienen una representación más bien limitada, pues se restringen prácticamente al bosque de galería, a varios charcos temporales, escasas asociaciones riparias y habitantes de presas y bordos.

Para una definición más amplia y detallada de los aspectos ambientales, así como de las características de la flora y de la vegetación del estado, cabe consultar el trabajo de Zamudio et al. (1992).



Fig. 1. Regiones fisiográficas del estado de Querétaro. 1. Sierra Madre Oriental. 2. Altiplanicie Mexicana. 3. Eje Volcánico Transversal.

MÉTODOS

Las principales herramientas del estudio empleadas en este trabajo son: los fascículos publicados de la Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, el acervo del herbario IEB (que registra 29,193 ejemplares colectados en Querétaro), la experiencia personal de los autores, que han recorrido prácticamente todos los rincones del estado, así como la consulta de la literatura y de la información disponible a través de internet.

No se cuenta aún con el inventario cabal de la flora vascular de Querétaro, de manera que para este análisis se tomará esencialmente como base las especies habitantes del estado que ya han sido estudiadas en forma crítica y que aparecieron publicadas en los 174 fascículos de la Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Tal conjunto que consiste de 1625 taxa, entre especies y entidades subespecíficas, constituye poco más de 40% del total de las 4000 estimadas para el estado, incluye miembros de todos los grupos importantes de plantas vasculares, por lo que puede considerarse como suficientemente representativo para que su análisis geográfico arroje proporciones similares a las de la totalidad de la flora.

RESULTADOS

Análisis geográfico de las especies de distribución restringida

Si se toma en consideración el área de repartición global conocida de los taxa, cabe calcular que 588 (36.18%), son de distribución amplia o al menos más vasta que el área considerada como Megaméxico 3. También se sabe que 56 de ellas (3.44%) son plantas introducidas de otras partes del mundo.

Las 1037 (63.81%) restantes presentan mayor o menor grado de endemismo, para el cual se pueden reconocer las categorías establecidas en conexión con los principales objetivos de esta contribución (Cuadro 1). En la figura 2 se reproducen las áreas de referencia correspondientes a Megaméxico.

Los números del Cuadro 1 se prestan a los siguientes comentarios e interpretaciones:

a) La proporción de especies de amplia distribución (aprox. 36%) es relativamente elevada entre las plantas vasculares de Querétaro, sobre todo si se le compara con la estimada por Rzedowski (1991a) para la flora fanerogámica del país entero, que es de aproximadamente 28%. Tales números se revelan igualmente en los porcentajes de especies restringidas al territorio de México, que en Querétaro representan alrededor de 43%, mientras que para todas las fanerógamas de la superficie de la República se calcularon en cerca de 52%. Esta discrepancia refleja manifiestamente el hecho de que la porción oriental de nuestro país es substancialmente menos privilegiada en endemismos que la occidental, como ya lo señalaron varios autores, entre ellos Rzedowski (1991b). Otro factor que sin duda también interviene aquí es la circunstancia de que en los guarismos contados para Querétaro se incluyeron las pteridofitas, cuyas especies son mayormente de amplia distribución, así como las plantas introducidas.

b) Dentro del conjunto de taxa endémicos a México prevalecen claramente los de distribución más general en el país, pero los restantes definen una notable vinculación con el oriente, observándose una importante proporción (5.78%) de endemitas de la Sierra Madre Oriental, misma que contrasta con la escasa participación (0.8%) de los propios del Eje Volcánico Transversal. Tal situación indudablemente está vinculada con la edad mucho más reciente de este último sistema montañoso.

c) A nivel de endemismo más estrecho resulta interesante observar que Querétaro descuella con más de 2.5% de especies de distribución prácticamente restringida

Cuadro 1. Categorías de la distribución total conocida de 836 especies de repartición limitada presentes en la flora vascular de Querétaro.

Distribución total limitada a	Núm. de especies	%
Querétaro*	45	2.76
Querétaro e Hidalgo	26	1.6
Querétaro y San Luis Potosí	9	0.55
Querétaro y Guanajuato	9	0.55
Eje Volcánico Transversal	13	0.8
Altiplanicie Mexicana	37	2.27
Centro de México	92	5.66
Sierra Madre Oriental	94	7.78
Este de México	106	6.52
México (sin corresponder a ninguno de los patrones anteriores)	199	12.24
México en total	709	43.63
Megaméxico 1**	116	7.13
Megaméxico 2	183	11.26
Megaméxico 3	29	1.78
Megaméxico en total	328	20.18
Gran total	1037	63.81

*Puesto que varias de las especies aquí incluidas se conocen de lugares ubicados muy cerca de los límites del estado, es probable o ya conocido que también trascienden levemente las mencionadas fronteras políticas.
**Las categorías de Megaméxico 1, 2 y 3 se definen de acuerdo con el trabajo de Rzedowski (1991a).

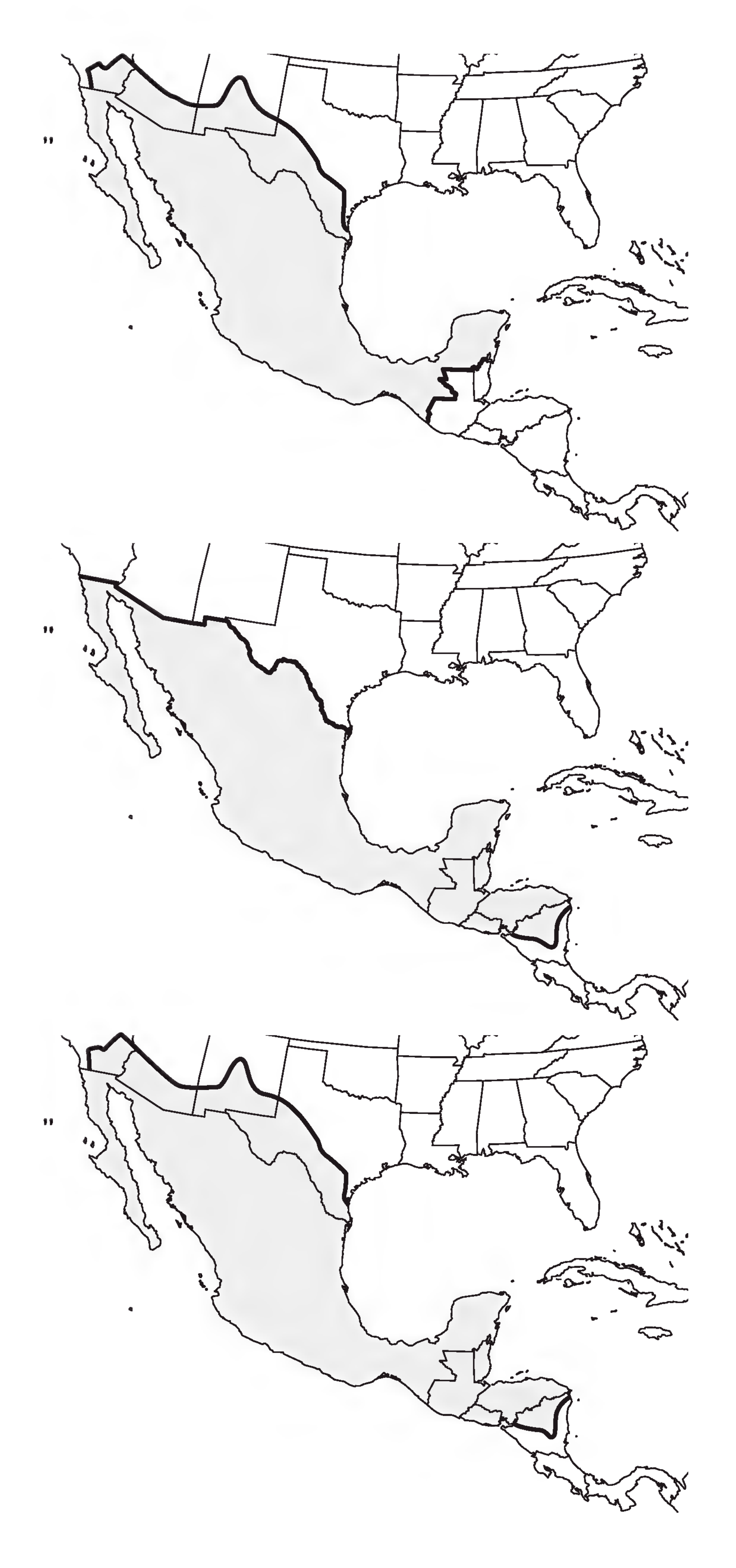


Fig. 2. Megaméxico. De arriba hacia abajo: Megaméxico1, Megaméxico 2 y Megaméxico 3, de acuerdo con el trabajo de Rzedowski (1991a).

al estado (su enumeración puede consultarse en el Apéndice), número que se eleva a más de 5% si se suman las compartidas con cada una de tres entidades federativas vecinas (y subiría a ca. 7% si se sumara el conjunto correspondiente a las que se comparten con dos o tres de ellos). Estos valores no comparan muy favorablemente con los dados a conocer para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (ca. 30%), para la península de Baja California (23%) y la de Yucatán (ca. 8%) (Rzedowski, 1991b), o con 8.3% para el estado de Oaxaca (García-Mendoza, 2004), pero en proporción resultan significativamente superiores a la de 0.7% calculada para Morelos (Bonilla-Barbosa y Villaseñor, 2003), la de 0.9% registrada para Guanajuato (Zamudio y Galván, 2011) y las de muchos otros sectores de la parte central del país.

Áreas de concentración del endemismo vegetal

Zamudio et al. (1992) ya esbozaron la ubicación de las comarcas del estado particularmente diversas en cuanto a especies de plantas vasculares de repartición restringida. Éstas se ilustran en la figura 3 y a continuación se definen con mayor detalle.

1. El sector queretano de la Sierra Madre Oriental, que incluye los municipios de Arroyo Seco, Jalpan, Landa, así como partes de los de Pinal de Amoles, San Joaquín y Cadereyta, constituye la porción más rica en endemismos locales (25 spp., Apéndice). Es una superficie de aprox. 3500 km^2, dominada por afloramientos de calizas. Una gran porción de esta comarca forma parte de la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda. Presenta una cubierta vegetal variada, entre la cual destacan los bosques de encino y de coníferas, los tropicales caducifolios y subcaducifolios, los mesófilos de montaña, así como los matorrales submontanos.

2. La porción más seca del estado, situada en la parte central del mismo, integrada por importantes extensiones de los municipios de Tolimán, Peñamiller y Cadereyta, con una superficie aproximada de 3500 km^2, con predominancia de calizas y lutitas como substrato geológico, es otra zona de particular concentración de especies endémicas (11 spp., Apéndice). Constituye una especie de isla ecológica de aridez más acentuada, en la cual prevalecen los matorrales xerófilos, en particular el micrófilo, el submontano y el rosetófilo.

3. El profundo cañón labrado por el río Moctezuma, desde el área actualmente ocupada por la presa Zimapán, hasta cerca del extremo oriental del municipio de Landa es el asiento de no pocas especies endémicas (5 spp., Apéndice). Su extensión territorial es difícil de definir y en toda su longitud señala el límite entre los estados de Querétaro y de Hidalgo, por lo que es más que probable la existencia de tales plantas en el territorio de esta última entidad federativa. Las especies de allí son

habitantes de taludes horizontales o de laderas muy inclinadas de rocas calizas o lutitas. El sector correspondiente al municipio de Landa forma parte de la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda; las porciones pertenecientes a los municipios de San Joaquín y de Cadereyta, que son las más importantes en cuanto a la ubicación de los endemismos, carecen de esta protección. En tal contexto cabe comentar que existen en la actualidad proyectos de convertir en presas adicionales a varios segmentos de tal región encañonada. También cabe agregar que esta parte del estado de Querétaro (y también de Hidalgo) no ha sido todavía suficientemente bien explorada y se espera localizar en ella otros endemitas adicionales.

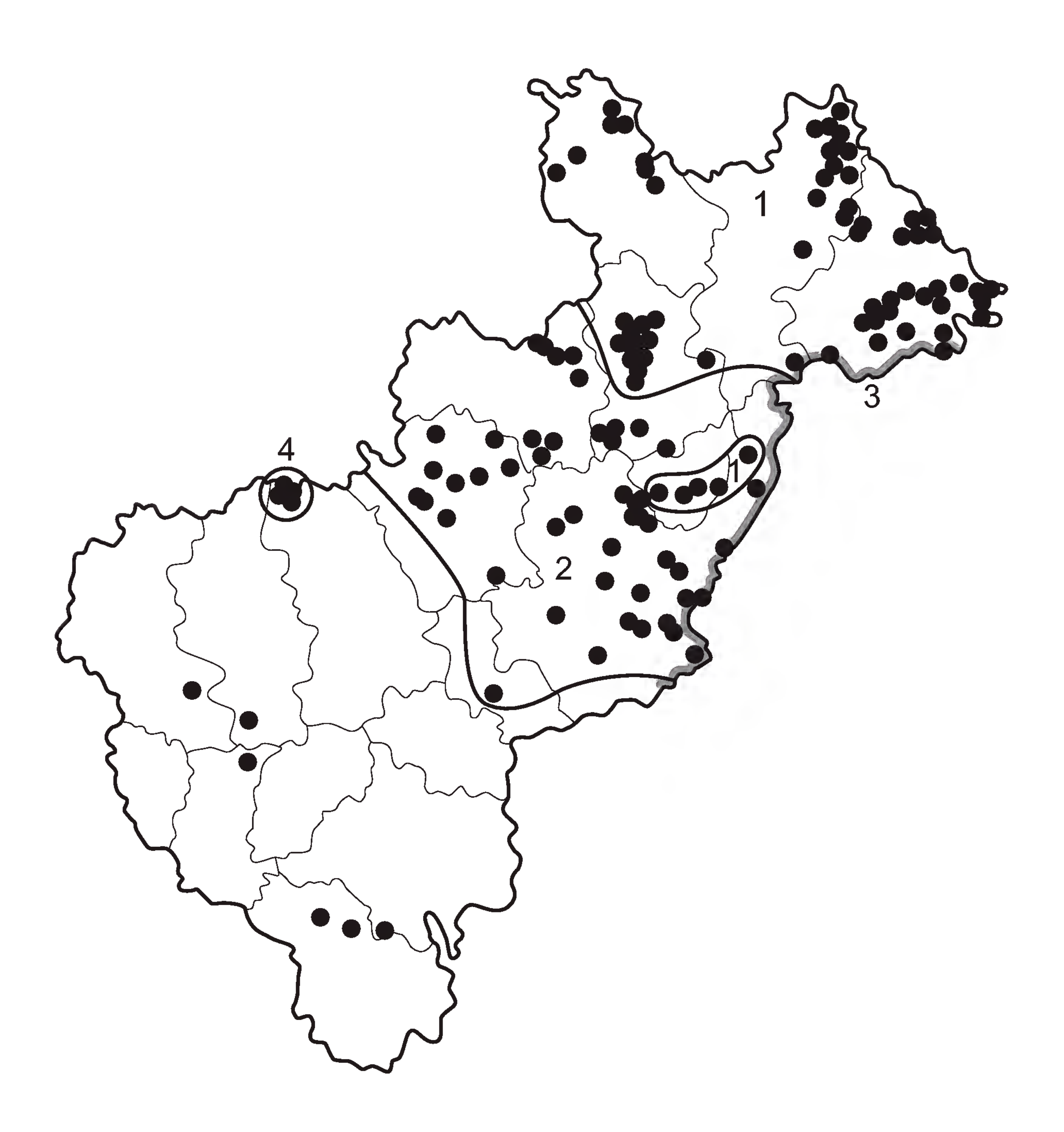


Fig. 3. Áreas de concentración de endemismo vegetal. 1. Sector queretano de la Sierra Madre Oriental. 2. La porción más seca del estado. 3. Cañón del río Moctezuma. 4. Parte alta del cerro Zamorano.

4. Un centro adicional corresponde a la parte alta del cerro Zamorano, ubicado en el municipio de Colón y también en el de Tierra Blanca del estado de Guanajuato, pues su cresta que alcanza 3360 m de altitud, constituye el límite entre las dos entidades. Es un área de alrededor de 10 km^2, cubierta mayormente por bosques de coníferas y de encino, que habitan sobre laderas fuerte a moderadamente inclinadas de rocas de origen volcánico. También se trata de una isla ecológica, pues por todos lados el macizo montañoso en cuestión se encuentra rodeado por grandes superficies de clima más seco. La porción guanajuatense fue declarada como Reserva de Conservación "Pinal de Zamorano", de aquí se registran tres especies endémicas.

A manera de conclusión y tomando en cuenta las cifras mostradas, así como el conocimiento de otros 32 endemismos ya registrados de familias aún no tratadas en la Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, cabe esperar que la cantidad total de especies de plantas vasculares restringidas o prácticamente confinadas al estado de Querétaro se incremente a cerca de un centenar.

Como ya se indicó, en la segunda parte de esta contribución se procurará proporcionar información sobre la ubicación geográfica de cada una de las especies endémicas ya conocidas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores dan las gracias a Violeta Espinosa y a Alfonso Barbosa por la ayuda prestada en la confección y reproducción de las figuras. El trabajo fue realizado con apoyo del Instituto de Ecología, A.C. (cuenta 20006), del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y de la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

LITERATURA CITADA

Argüelles, E., R. Fernández y S. Zamudio. 1991. Listado florístico preliminar del estado de Querétaro. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes II: 1-155.

Arreguín S., M. L., L. Cabrera C., R. Fernández N., C. Orozco L., B. Rodríguez C. y M. Yepes B. 1997. Introducción a la flora del estado de Querétaro. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro. Querétaro, Qro. México. 361 pp.

Bonilla-Barbosa, J. R. y J. L. Villaseñor Ríos. 2003. Catálogo de la flora del estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Mor., México. 129 pp.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 2a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 246 pp.

García-Mendoza, A. 2004. Integración del conocimiento florístico del estado. In: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordóñez y M. Briones–Salas (eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México - Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza - World Wildlife Fundation. México, D.F., México. pp. 305-325.

Rzedowski, J. 1991a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica del México. Acta Bot. Mex. 14: 3-21.

Rzedowski, J. 1991b. El endemismo de la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. Acta Bot. Mex. 15: 47-64.

Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. Interciencia 28: 160-167.

Zamudio, S., J. Rzedowski, E. Carranza y G. Calderón de Rzedowski. 1992. La vegetación del estado de Querétaro. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro e Instituto de Ecología, A.C. Querétaro, Qro., México. 92 pp.

Zamudio, S. y R. Galván. 2011. La diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes XXVII: 1-101.

Recibido en abril de 2011.

Aceptado en febrero de 2012.

APÉNDICE

Especies endémicas al estado de Querétaro registradas en 174 fascículos publicados de Flora del Bajío y regiones adyacentes.

Taxa	Ubicación
Acanthaceae	
Justicia zamudioi T. F. Daniel	Sierra Madre Oriental
Anacardiaceae	
Cotinus carranzae Rzed. & Calderón	Río Moctezuma
Aquifoliaceae	
Ilex servinii E. Carranza	Sierra Madre Oriental
Berberidaceae	
Berberis albicans Zamudio & Marroq.	Zona árida
Bromeliaceae	
Hechtia lepidophylla I. Ramírez	Zona árida
Hechtia zamudioi Espejo, López-Ferrari & I. Ramírez	Zona árida
Buxaceae	
Buxus moctezumae Köler, Fernández & Zamudio	Río Moctezuma
Campanulaceae	
Lobelia orientalis Rzed. & Calderón	Sierra Madre Oriental
Caprifoliaceae	
Abelia grandiflora Villarreal	Sierra Madre Oriental
Commelinaceae	
Commelina queretaroensis López-Farrari, Espejo y Ceja	Sierra Madre Oriental
Compositae	
Cirsium bicentenariale Rzed.	Sierra Madre Oriental*
Cirsium zamoranense Rzed.	Cerro Zamorano*
Coreopsis queretarensis B. L. Turner	Sierra Madre Oriental
Galinsoga elata Canne	Sierra Madre Oriental
Galinsoga glandulosa Canne	Sierra Madre Oriental
Perymenium arriagae Rzed. & Calderón	Zona árida
Perymenium moctezumae Rzed. & Calderón	Río Moctezuma
Perymenium sotoarenasii Rzed. & Calderón	Zona árida

Apéndice. Continuación.

Taxa	Ubicación
Tagetes moorei var. *breviligulata* Villarreal	Zona árida
Tetrachyron omissum Rzed. & Calderón	Sierra Madre Oriental
Verbesina abietifolia Rzed. & Calderón	Sierra Madre Oriental
Verbesina carranzae P. Carrillo	Sierra Madre Oriental*
Verbesina steinmannii P. Carrillo	Sierra Madre Oriental
Viguiera paneroana Rzed. & Calderón	Sierra Madre Oriental
Zinnia zamudiana Calderón & Rzed.	Zona árida
Crassulaceae	
Pachyphytum garciae E. Pérez-Calix & Glass	Zona árida
Sedum carinatifolium (R. T. Clausen) E. Pérez-Calix	Sierra Madre Oriental
Sedum jerzedowskii E. Pérez-Calix	Sierra Madre Oriental
Crossosomataceae	
Velascoa recondita Calderón & Rzed.	Sierra Madre Oriental
Cucurbitaceae	
Cyclanthera jeffreyi Lira & Rodríguez-Arévalo	Sierra Madre Oriental
Gentianaceae	
Geniostemon rotundifolius Rzedowski & Calderón	Sierra Madre Oriental
Iridaceae	
Sisyrinchium arguellesiae Ceja, Espejo & López-Ferrari	Sierra Madre Oriental
Tigridia rzedowskiana Aarón Rodr. & L. Ortiz-Catedral	Sierra Madre Oriental
Leguminosae	
Acacia fusicarpa L. Rico	Zona árida
Lentibulariaceae	
Pinguicula calderoniae Zamudio	Sierra Madre Oriental
Pinguicula elizabethiae Zamudio	Río Moctezuma*
Pinguicula martinezii Zamudio	Sierra Madre Oriental
Pinguicula moctezumae Zamudio & R. Z. Ortega	Río Moctezuma*
Malvaceae	
Allowissadula glandulosa (Rose) D. M. Bates	Zona árida
Rhamnaceae	
Colubrina macrocarpa var. *macrocarpoides* (Suess. ex Suess. & Overkott) M. C. Johnst.	Zona árida

Apéndice. Continuación.

Taxa	Ubicación
Rosaceae	
Potentilla queretarensis Rzed. & Calderón	Sierra Madre Oriental
Rubus macvaugianus Rzed. & Calderón	Cerro Zamorano*
Styracaceae	
Styrax argenteus var. *parvifolius* E. Carranza	Sierra Madre Oriental
Valerianaceae	
Valeriana zamoranensis Rzed. & Calderón	Cerro Zamorano*
Violaceae	
Viola cochranei H. E. Ballard	Eje Volcánico Transversal

*Especies que posiblemente se encuentren en alguno de los estados limítrofes con Querétaro.

Acta Botanica Mexicana 99: 105-140 (2012)

DATOS PARA LA CONSERVACIÓN FLORÍSTICA EN FUNCIÓN DE LA AMPLITUD GEOGRÁFICA DE LAS ESPECIES EN EL SEMIDESIERTO QUERETANO, MÉXICO

Rafael Hernández-Magaña[1], José Guadalupe Hernández-Oria[2,4] y Ruth Chávez[3]

[1]Plan de Ayutla 455, Colonia Adolfo López Mateos, 76750 Tequisquiapan, Querétaro, México.
[2]Ignacio Ramírez 12 Int. 41, Centro Histórico, 76150 Santiago de Querétaro, Querétaro, México.
[3]Lázaro Cárdenas 14, Centro, 76504 Cadereyta de Montes, Querétaro, México.
[4]Autor para la correspondencia: xerofilia@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se presenta una lista de algunos elementos florísticos del Cuadrante Tolimán, una porción del Semidesierto Queretano en el extremo sur del Desierto Chihuahuense, México. Se registraron 219 especies y 11 subespecies, agrupadas en 155 géneros y 63 familias. Esta área relativamente pequeña alberga 51 especies endémicas, de las cuales 24 se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010. Con el propósito de contribuir a la protección de este contingente florístico, se determinaron las áreas prioritarias para la conservación a través de un análisis de complementariedad (diversidad beta), y mediante un índice que mide el área media de distribución se revela un patrón restringido en varios de los taxones. Este ensamblaje florístico prospera en un área con alta heterogeneidad ambiental, distribuido en ocho asociaciones vegetales identificadas a través de una clasificación numérica. Desafortunadamente la riqueza florística del Semidesierto Queretano no está legalmente protegida como reserva natural en la actualidad.

Palabras clave: áreas prioritarias, patrón de distribución, rareza, región semiárida.

ABSTRACT

A floristic list of 219 species and 11 subspecies, comprising 63 families and 155 genera occurring in the Toliman grid square; an area located within the Queretaroan Semi-

arid region in the southern Chihuahuan Desert, Mexico, is provided. This relatively small area is characterized by a high endemicity of flowering plant species: the floristic sample harbors 51 endemic species, and 24 species are included in some kind of risk category according to the Mexican Norm NOM-059-SEMARNAT-2010. To contribute to the protection of this flora, we performed an iterative process of complementarity analysis (beta diversity) to determine sets of priority areas for its conservation. The ranges of all species were considered by using an index that measures the average range size to determine the degree of "restrictedness" of the species. The results show that the ranges of most of the species are restricted. This flora develops within an area of high environmental heterogeneity, grouped in eight plant associations recognized by means of a numerical classification and multivariate analysis of the communities occurring in the region. Unfortunately, at present the high richness and endemism of the Queretaroan Semi-arid region are not under the legal protection of any natural reserve.

Key words: distributional range, priority areas, rarity, semi-arid region.

INTRODUCCIÓN

Las regiones áridas y semiáridas de México contribuyen a la riqueza de la flora mexicana con cerca de 6000 especies de plantas vasculares, de las cuales alrededor de 60% son endémicas (Rzedowski, 1978, 1991, 2005). Una de las comarcas secas más extensas en el territorio mexicano es el Desierto Chihuahuense, provincia biogeográfica reconocida como un reservorio biológico de notable importancia (Medellín, 1982) y una región prioritaria para la conservación al nivel mundial (Dinerstein et al., 1999). En la porción extrema sur y disyunta del cuerpo principal del Desierto Chihuahuense se localiza la Zona Árida Queretano-Hidalguense, cuyo segmento meridional corresponde al sector del Semidesierto Queretano (Sánchez et al., 2006), mismo que alberga al llamado "Cuadrante Tolimán" (Hernández y Bárcenas, 1995).

Los estudios florísticos circunscritos a esta región señalan que el área sustenta una considerable diversidad y un endemismo alto (Zamudio, 1984; Zamudio et al., 1992), así como gradientes ambientales que crean mosaicos variados de vegetación con un cúmulo importante de riqueza de especies (Fernández y Colmenero, 1997). A pesar de que podría considerarse como una zona relativamente bien inventariada, recientes exploraciones han añadido nuevos registros a los ya existentes, incrementando con ello la riqueza florística conocida en general, y en particular de la familia Cactaceae (Chávez et al., 2006; Hernández-Oria et al., 2007b). Así, se ha conforma-

do una agrupación de plantas que integra diversos elementos con distintas afinidades geográficas y patrones de distribución particulares.

Un componente biogeográfico esencial de las especies es el tamaño de su área de distribución (Rapoport y Monjeau, 2001; Contreras-Medina, 2006), característica que usualmente ha sido utilizada para establecer criterios que definen estrategias de conservación biológica (Anderson, 1994). Para las zonas áridas y semiáridas de México se conocen algunos ejemplos en los cuales el tamaño del área de distribución ha sido un factor usado para catalogar, en términos espaciales, a las especies amenazadas y/o vulnerables (Villaseñor y Elias, 1995; Villaseñor et al., 1998; Dávila et al., 2002; Méndez-Larios et al., 2004). Generalmente las áreas de distribución pequeñas tienen mayor peso específico como prioridades para la conservación (Villaseñor, 2003; Méndez-Larios et al., 2005). En este contexto, si bien se considera al Cuadrante Tolimán como un espacio florístico trascendente por su diversidad y endemismo, se desconoce la magnitud de tales elementos, sobre todo del recambio de especies (diversidad beta), así como del ámbito geográfico de algunos elementos florísticos presentes. Este aspecto podría sustentar su protección formal como una reserva natural que alberga un ensamble importante de especies vegetales.

En este trabajo se cuantificó el área de distribución de los elementos florísticos registrados en el Cuadrante Tolimán para determinar su grado de amplitud. Una vez conocido este parámetro, se exploraron sus posibles relaciones con la riqueza, el endemismo y el recambio de especies (diversidad beta), y mediante un análisis de complementariedad con respecto a todos los sitios muestreados en el Cuadrante Tolimán, se obtuvo un esquema óptimo y espacialmente explícito de zonas prioritarias para la conservación en esta región. Por último, se aplicó una técnica multivariada de clasificación (Twinspan) a las muestras de especies registradas para determinar grupos o asociaciones vegetales y su distribución en el Cuadrante Tolimán, y se exploró la influencia de las variables físicas en la distribución de esas muestras mediante un análisis indirecto de gradiente.

ÁREA DE ESTUDIO

El Cuadrante Tolimán es un área de aproximadamente 2139 km^2 comprendida entre la latitud 20º30'-21º00' norte y la longitud 99º30'-100º00' oeste, y abarca una porción de la Zona Árida Queretano Hidalguense (Rzedowski, 1978), que es una región disgregada del Desierto Chihuahuense en su extremo sur (Fig. 1). A este territorio en el estado de Querétaro se le conoce como Semidesierto Queretano y se

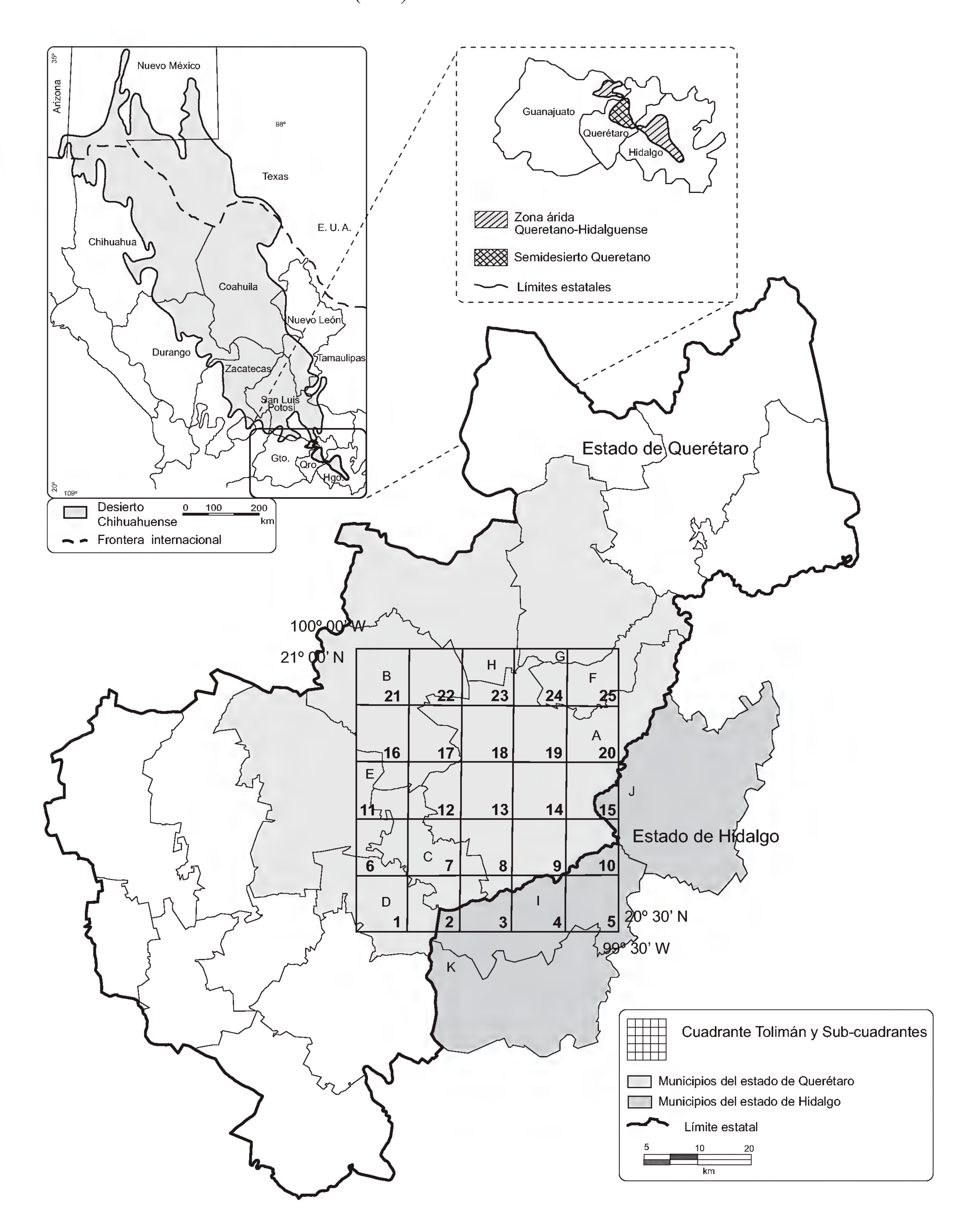


Fig. 1. Distribución del Desierto Chihuahuense, Semidesierto Queretano y ubicación del Cuadrante Tolimán. Municipios del estado de Querétaro: A. Cadereyta; B. Tolimán; C. Ezequiel Montes; D. Tequisquiapan; E. Colón; F. San Joaquín; G. Pinal de Amoles; H. Peñamiller. Municipios del estado de Hidalgo: I. Tecozautla; J. Zimapán; K. Huichapan.

localiza en el área de confluencia de las provincias fisiográficas Sierra Madre Oriental, Mesa del Centro y Eje Neovolcánico, las cuales están asociadas a una litología sedimentaria, volcánica ácida y volcánica básica, respectivamente, así como a suelos de desarrollo pobre o moderado. La topografía regional está dominada por lomeríos de entre 1450 y 2100 m sobre el nivel del mar y el macizo montañoso de la sierra El Doctor, con elevaciones de entre 2250 y 3100 m. El tipo de clima predominante es el semiseco templado con lluvias en verano (BS_1kw), caracterizado por una temperatura media anual de entre 16 y 18 ºC, con una precipitación media anual de entre 400 y 600 mm, mientras que en las partes elevadas el clima es templado subhúmedo (Cw_o), con una precipitación anual de entre 600 y 1000 mm y una temperatura media anual de entre 10 y 12 °C. (Anónimo, 1986). La vegetación regional presenta diversas variantes de matorral xerófilo (sensu Zamudio, 1984) y en las zonas templadas se encuentran los matorrales esclerófilo y submontano, al igual que bosques de *Juniperus*, *Quercus* y *Pinus* (Zamudio et al., 1992).

MÉTODO

Registro de especies

El muestreo se diseñó con base en el trabajo de Gómez-Hinostrosa y Hernández (2000), por lo que el área del Cuadrante Tolimán se dividió en 25 subcuadrantes de 6 × 6 minutos, equivalentes aproximadamente a 110 km^2 cada uno (Fig. 1). Cada subcuadrante representa una unidad geográfica operativa (UGO, sensu Crovello, 1981) en su mínima dimensión espacial para el presente estudio y en cada uno de ellos se recorrieron tres transectos de al menos 3 km de longitud (en total 75 transectos), en los que se registró mediante observación a las especies presentes. Los sitios de muestreo se escogieron de acuerdo con los tipos de vegetación mejor representados en cada subcuadrante y con las áreas con mayor cubierta vegetal, según un mapa de uso de suelo (Anónimo, 2000). Tal tipo de protocolo, a través de transectos sobre una superficie preestablecida, no implica la colecta sistematizada de todas las plantas, sino que ésta se orientó hacia aquellas especies que no habían sido recolectadas con anterioridad, escasamente muestreadas o que no habían sido inventariadas previamente de la región. Con los datos de registros de las especies derivados de las observaciones de los transectos se construyó una matriz binaria (presencia/ausencia) de *n* especies por subcuadrantes (25 en total) y se procedió a su análisis como contingente florístico. La nomenclatura utilizada para los tipos de vegetación fue la propuesta por Zamudio et al. (1992).

Delimitación del conjunto florístico

El presente análisis contempla sólo a las plantas perennes que fueron recolectadas como se describe en el muestreo. Es una aproximación que pretende destacar algunos grupos relevantes de la flora del Semidesierto Queretano (e.g., cactáceas y leguminosas, entre otras), que además se distinguen por ser elementos más o menos raros, o con imprecisiones en sus áreas de distribución. Por consiguiente, el propósito no es documentar y analizar la lista acumulada de la flora regional que haya sido registrada a lo largo de los años en el Cuadrante Tolimán y áreas adyacentes (ver por ejemplo: Zamudio, 1984; Argüelles et al., 1991; Zamudio et al., 1992; Fernández y Colmenero, 1997).

Registro de variables ambientales

En cada uno de los tres transectos por subcuadrante se registraron las siguientes variables ambientales (Anónimo, 1986): latitud, longitud, altitud, geología (rocas ígneas extrusivas e intrusivas, sedimentarias), litología (volcanoclástico, basalto, toba, brecha volcánica, riolita, arenisca, caliza, caliza-lutita, arenisca-clonglomerado, granodiorita), suelo (litosol, rendzina, feozem, regosol, acrisol), porcentaje de pendiente, temperatura media anual, temperatura máxima y mínima, precipitación media anual, precipitación total y tipo de clima (seco-semicálido, semiseco-cálido, semiseco-semicálido, semiseco-templado, semicálido-subhúmedo y templado subhúmedo). Se exploró su valor explicativo con relación a la distribución de las muestras de vegetación en los subcuadrantes mediante un análisis canónico de correspondencias (ACC), una vez cotejada la respuesta unimodal de los datos mediante un análisis de correspondencia sin tendencia (ACT) (Jongman et al., 2000). Para este propósito se utilizó el programa MVSP 3.1 (Mutivariate Statistical Package, Kovach, 1999).

Índice de área promedio

Para evaluar la amplitud de distribución geográfica de las especies observadas en el Cuadrante Tolimán, se aplicó un índice que equivale al área promedio de distribución de una especie en un área dada (Santos y Arita, 2002), de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$I_c = \left(\sum_{i=1}^{n_c} 1/\mathrm{A} \right) \Big/ n_c$$

donde I_c es el valor del índice para el área c, A es el área de distribución de la especie i, y n_c es el número de especies en la misma. El área promedio de distribución de

una especie se determinó según el número de veces (entre 1 y 25) en las que estuvo presente en los subcuadrantes que integraron la matriz. Cada presencia tomó el valor del área *A* (110, excluyendo unidades) que ocupa cada subcuadrante. Así, la magnitud total del área de distribución (*A*) de una especie equivale a la sumatoria del valor recíproco (1/*A*) del número de presencias, sustituidas por el valor individual (110) de los subcuadrantes en los que está presente. El valor n_c corresponde al número de especies presentes en los subcuadrantes en los que estuvo presente la especie *i*. También el índice I_c se utilizó como parámetro para cuantificar el grado de rareza o endemismo (mayor o menor restricción espacial) relativo a los muestreos en Cuadrante Tolimán. A medida que sea mayor el índice de área promedio, más grande es el tamaño del área de distribución geográfica (restricción espacial baja), mientras que los valores menores corresponden a una distribución geográfica pequeña (restricción espacial alta).

Complementariedad

Este concepto se fundamenta en que el contingente regional de especies se encuentra repartido entre diversos puntos o áreas menores que albergan su propia diversidad local, de manera que algunas de ellas sólo se encuentran en ciertas áreas y están ausentes en otras. Así, las áreas menores que presentan especies diferentes son complementarias entre sí, dado que su contribución a la riqueza total es irremplazable. Con este enfoque se aplicó el principio de complementariedad (Vane-Wright et al. 1991; Pressey et al., 1993) a la matriz binaria, simultáneamente con un proceso iterativo de análisis de complementariedad (Margules et al., 1988). Este procedimiento consta de dos etapas básicas: en la primera, se selecciona el subcuadrante con la mayor riqueza de especies y éste constituye el primer sitio o área prioritaria. En la segunda, el total de especies ya seleccionadas se eliminan de la matriz y de este inventario remanente (complemento) se elige el subcuadrante con la mayor riqueza y se integra en segundo lugar en la jerarquía de áreas prioritarias. El procedimiento iterativo continúa de la misma forma para determinar la prioridades sucesivas en la jerarquía (tercera, cuarta y así sucesivamente) y finaliza hasta que todas las especies quedan integradas en la lista de sitios prioritarios para la conservación. Para este propósito se utilizaron dos criterios de selección: (a) la riqueza de especies y (b) el grado de restricción espacial o endemismo.

Recambio de especies (diversidad beta)

Como medida de la diversidad beta entre los subcuadrantes se utilizó el índice de complementariedad (Colwell y Coddington, 1994), que determina el grado de

heterogeneidad (disimilitud) en la composición de especies entre sitios mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{C= [(S_j +S_k) -2V_{jk}/(S_j +S_k)- V_{jk}]*100}$$

donde $\mathbf{S_j}$ y $\mathbf{S_k}$ son los números de especies en los sitios **j** y **k**, respectivamente, y $\mathbf{V_{jk}}$ es el número de especies compartidas. Los valores de este índice varían entre 0% cuando ambos sitios son idénticos en la composición de especies y 100% cuando son listados absolutamente distintos. Se obtuvo una medida de beta promedio (*βm*) por subcuadrante utilizando las estimaciones parciales de heterogeneidad entre los transectos que integraron cada uno de ellos. Los valores obtenidos de diversidad beta se agruparon en tres categorías porcentuales: (a) 0-33, (b) 34-66 y (c) 67-100. Se considera que porcentajes > 66% representan un recambio de especies alto (Sánchez y López, 1988).

Clasificación numérica de las muestras florísticas (subcuadrantes)

Los registros florísticos se analizaron mediante el algoritmo de análisis de correspondencia de especies indicadoras de dos vías (Twinspan) y se identificaron los grupos generados, así como la similitud/disimilitud existente entre ellos. El análisis se realizó con el programa PC-Ord Versión 4.2 (McCune y Mefford, 1999).

RESULTADOS

Listado florístico

Se recolectaron 700 ejemplares botánicos que corresponden a una lista florística de 219 especies y 11 subespecies, pertenecientes a 155 géneros y 63 familias de plantas vasculares. Las familias mejor representadas fueron Cactaceae (23.8%), Fabaceae (11.6%), Asteraceae (11.2%), Agavaceae (4.3%), Lamiaceae (4.3%) y Fagaceae (3.9%). Los arbustos (33.7%) fueron la forma de vida predominante, seguida de las hierbas (27.7%) y los árboles (15.6%), mientras que entre las cactáceas las formas de vida más frecuentes fueron la globosa (47.2%) y la arbustiva (14.5%), (ver Apéndice).

Del total de especies registradas, 24 están incluidas en alguna categoría de la NOM-059 (Anónimo, 2010), siete se consideran amenazadas, cinco en peligro de extinción y 12 sujetas a protección especial; 17 de ellas son cactáceas y siete corresponden a otras familias botánicas. Un total de 23 especies son endémicas de

la Zona Árida Queretano Hidalguense, otras seis están restringidas al Semidesierto Queretano y 22 son propias del Desierto Chihuahuense. Adicionalmente, 14 representan endemismos regionales que abarcan tanto la zona árida como la templada de los estados de Querétaro, Guanajuato y San Luis Potosí. Por su parte, 78 especies están registradas en las colecciones de plantas vivas del Jardín Botánico Regional de Cadereyta "Ing. Manuel González de Cosío", son una representación de la flora regional y sus ejemplares proceden de la misma zona en la que se efectuó el estudio.

Índice de área promedio

Cerca de 30% de las especies presentaron una distribución geográfica muy pequeña, lo que indica una alta restricción espacial. Esta fracción confinada en áreas reducidas, es también el mayor componente de rareza de todo el contingente de plantas hasta ahora registradas en el Cuadrante Tolimán. La porción restante de especies exhibió valores superiores al promedio del índice de área (Fig. 2), lo cual denota una distribución geográfica más amplia y, en consecuencia, una restricción espacial baja. El patrón general del grado de rareza (restricción espacial) está significativamente correlacionado (r =0.43, P < 0.03) con el aumento en la riqueza de especies.

Por otra parte, hay una vinculación positiva y significativa entre la riqueza cactológica y la diversidad general del Cuadrante Tolimán (r = 0.48, P < 0.01). Como

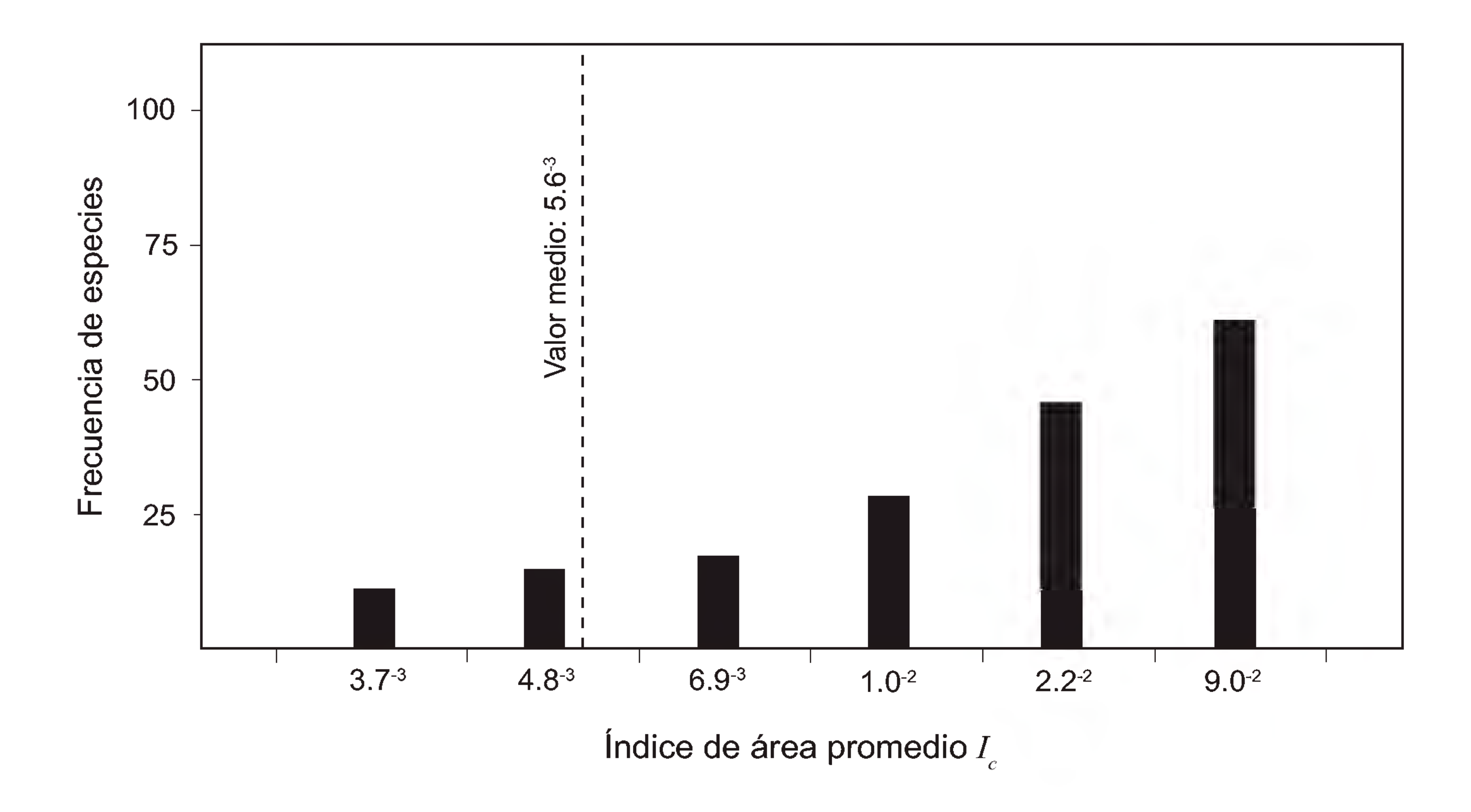


Fig. 2. Índice de área promedio de las especies registradas en el Cuadrante Tolimán. La línea vertical punteada señala la media de I_c

consecuencia de esta asociación, existe también una fuerte correlación positiva en la restricción espacial (rareza) de estos conjuntos florísticos ($r = 0.95$, $P < 0.001$).

Complementariedad y diversidad beta

Los subcuadrantes de mayor importancia para la conservación con base en la riqueza de especies y el grado de endemismo observados se muestran en el Cuadro 1 y la Fig. 3. Este análisis indica que con 1000 km^2 (nueve subcuadrantes) se protegería el conjunto de prioridades que definen los principales centros de riqueza y endemismo del Cuadrante Tolimán: zona de Mesa de León, Cadereyta al este (subcuadrante 10; Fig. 1) y una amplia franja-corredor que incluye desde la zona de El Chilar, Tolimán al oeste y la sierra de El Doctor (Cadereyta-San Joaquín), en la Cuenca del río Estórax, en el norte de la región (subcuadrantes 11, 19, 20, 22-25; Fig. 1); junto con un subcuadrante relativamente aislado (el Núm. 1). La diversidad beta (Fig. 3) en los subcuadrantes resultó con heterogeneidad media (34-66%) y alta (67-100%). En esta categoría se ubican los sitios prioritarios para la conservación de acuerdo con la complementariedad.

Clasificación de subcuadrantes y relaciones ecológicas entre unidades espaciales

El análisis de la comunidad mediante Twinspan reconoció ocho grupos florísticos (Fig. 4). En este esquema se observa que una primera separación de grupos ubica en el extremo derecho del dendrograma a los subcuadrantes 15, 19, 20 y 25, en

Cuadro 1. Subcuadrantes prioritarios para la conservación en el Semidesierto Queretano, de acuerdo con la complementariedad de riqueza de especies y endemismo.

Prioridad	Subcuadrante	Complementariedad de riqueza y endemismo (%)
1	10 (Mesa de León)	27.2
2	25 (San Joaquín)	16.5
3	22 (El Chilar)	12.6
4	11 (Bernal)	10.9
5	23 (Higuerillas)	9.4
6	24 (La Tinaja)	8.3
7	19 (Altamira)	5.7
8	20 (Maconí)	5.3
9	1 (La Tortuga)	4.1

la región templada subhúmeda de la zona, mientras que el resto se ubica a la mitad y a la izquierda del mismo y corresponden a las comunidades de afinidad xerófila.

Los subcuadrantes 15, 19, 20 y 25 (bloques VI, VII y VIII; Fig. 4) se caracterizan por las comunidades de *Juniperus*, *Quercus*, *Pinus* y *Abies* distribuidas en la sierra de El Doctor, que es el parteaguas entre las cuencas de los ríos Estórax y Moctezuma y donde se ubica la segunda mayor elevación del estado de Querétaro; corresponden geográficamente a las localidades de Altamira, Los Juárez y Maconí, en el municipio de Cadereyta, y a la cabecera municipal de San Joaquín, respectivamente. En esta zona la altitud va de 2500 a 3050 m, la temperatura media anual es de aproximadamente 12 ºC y la precipitación total anual oscila entre 600 y 1000 mm.

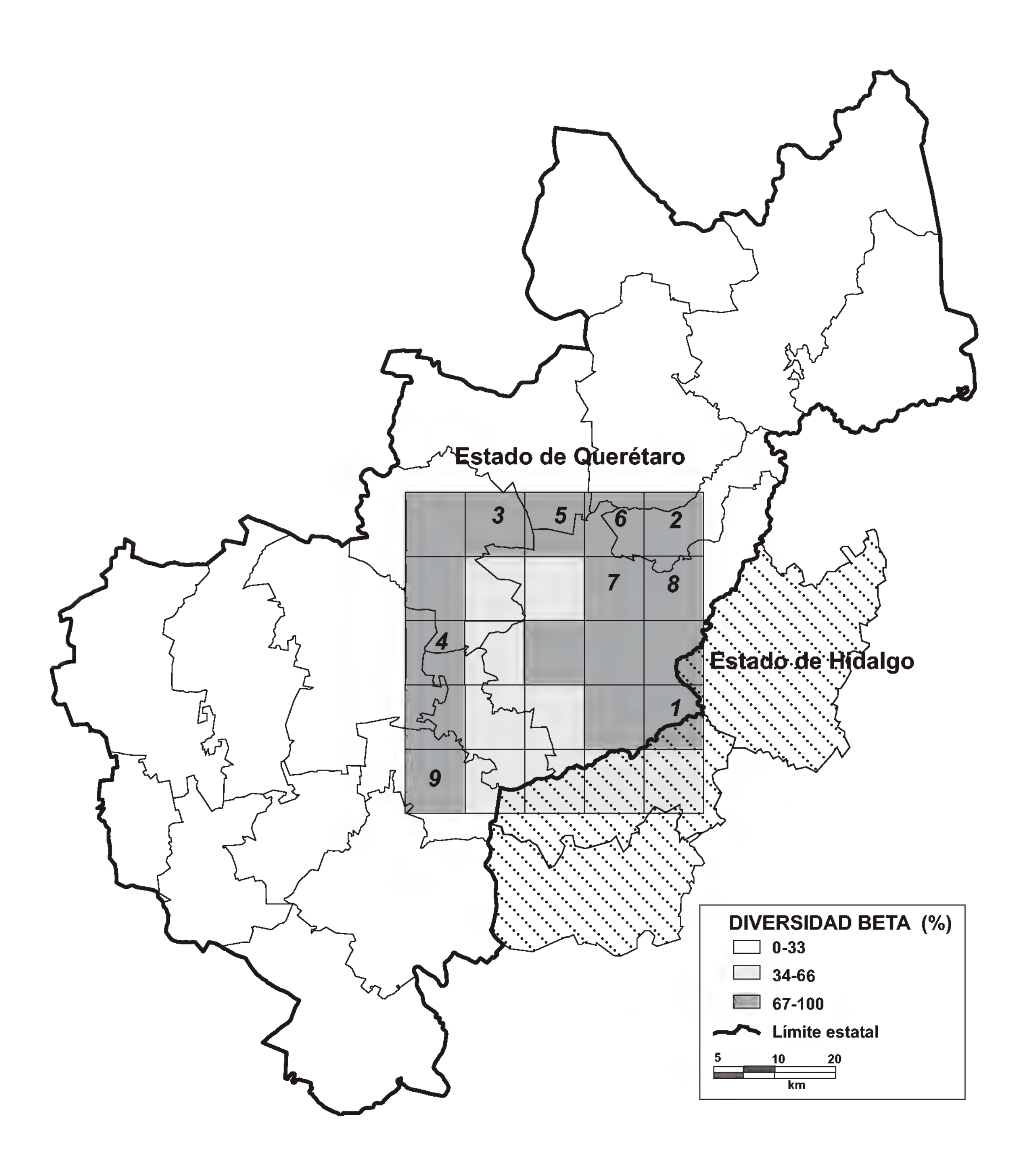


Fig. 3. Sitios prioritarios (1 a 9) para la conservación con base en la complementariedad y el patrón de recambio de especies (diversidad beta) en el Cuadrante Tolimán.

Los restantes subcuadrantes se acomodan a lo largo de un gradiente de comunidades vegetales xerófilas, en cuyo extremo de mayor humedad se encuentran el encinar arbustivo (matorral esclerófilo) y el matorral submontano. Esta fracción del gradiente de aridez la constituye el subcuadrante 1 (bloque I) que corresponde a las localidades de Santillán, San José de la Laja, La Trinidad y Fuentezuelas, en la porción montañosa del municipio de Tequisquiapan. En esta zona la altitud va de 1900 a 2250 m, la temperatura media anual es de cerca de 18 ºC y la precipitación anual es de alrededor de 500 mm.

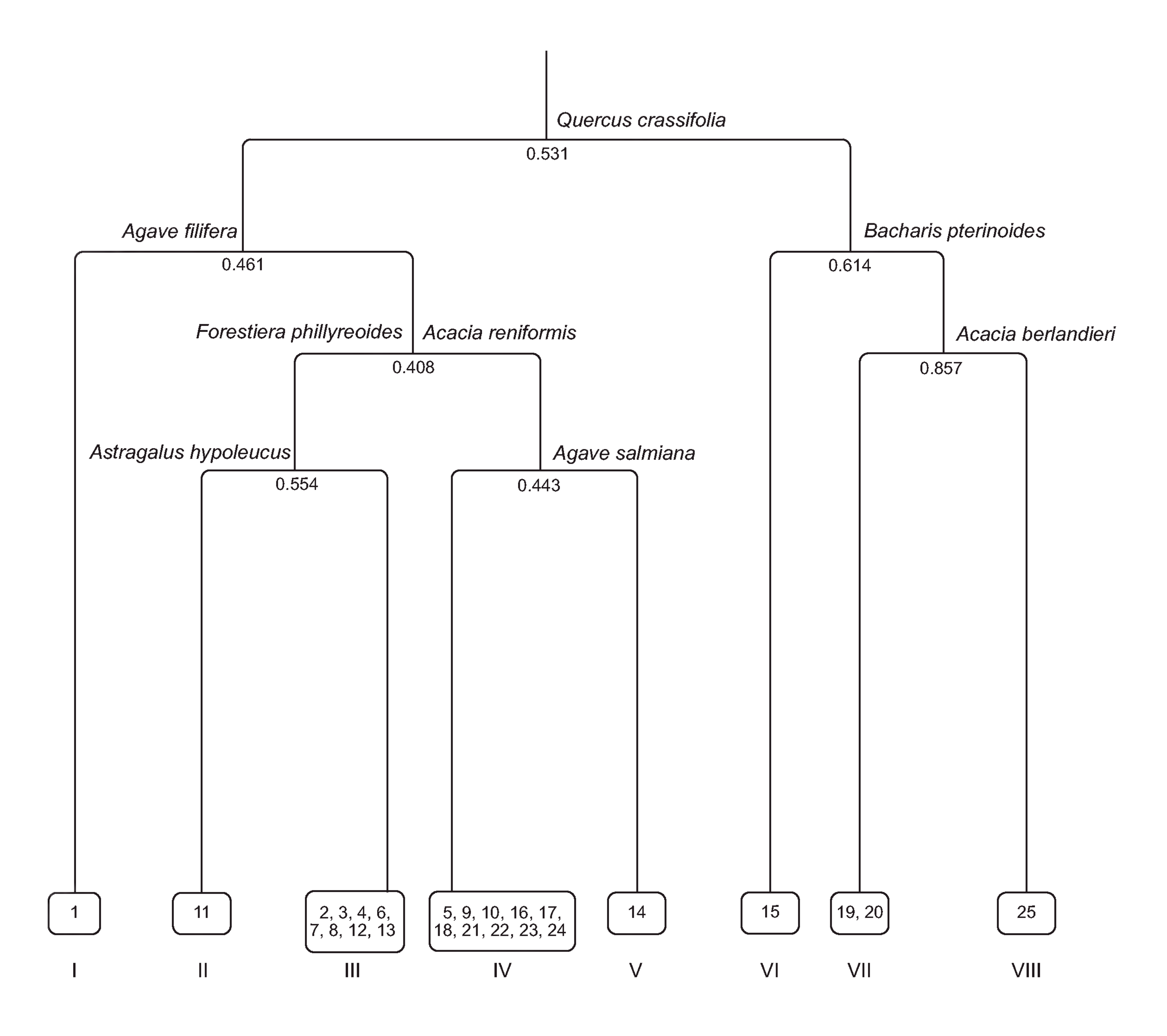


Fig. 4. Clasificación por el método Twinspan de los subcuadrantes que albergan una muestra de la flora del Cuadrante Tolimán. En cada división se muestran las especies indicadoras de uno o ambos lados. Las cifras debajo de cada división son los valores propios (eigenvalues).

La fracción más seca del área de estudio la conforman todos los demás subcuadrantes, excepto el número 11 (bloque II) que representa una condición ligeramente distinta, pues se trata de una zona en la que coexisten tanto el matorral submontano como el matorral xerófilo micrófilo en un espacio geográfico relativamente reducido determinado por la elevación del cerro San Martín. En esta zona la altitud conforma un gradiente altitudinal de entre 1850 y 2500 m, en el que la temperatura media anual en su parte más baja es de 18 ºC y de 16 ºC en la más alta, mientras que la precipitación anual es de alrededor de 500 mm en toda la zona.

En cuanto a los tres bloques restantes, el subcuadrante 14 (bloque V), corresponde con la distribución del matorral rosetófilo (Sombrerete, Cadereyta y áreas adyacentes), el cual tiene una composición florística particular y una distribución asociada a sitios montañosos de entre 2000 y 2500 m de altitud, con una temperatura media anual de 14 ºC y una precipitación anual de alrededor de 650 mm, lo que representa una aridez relativamente menor a la del resto de los sitios xerófilos.

Por otra parte, el bloque III corresponde al matorral crasicaule que se distribuye en el área volcánica de la zona de estudio (subcuadrantes 2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 13), en los alrededores de las cabeceras municipales de Tequisquiapan y Cadereyta. En esta zona la altitud fluctúa entre 1950 y 2400 m, con una temperatura media anual de 15 a 18 ºC y la precipitación anual cercana a los 500 mm.

Finalmente el bloque IV representa a los matorrales crasicaule y micrófilo (subcuadrantes 5, 9, 10, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24), sobre terrenos de roca sedimentaria con altitudes de entre 1450 y 1900 m sobre el nivel del mar, en donde la temperatura media anual oscila entre los 16 ºC y los 18 ºC, y la precipitación media anual es de menos de 500 mm. Estos matorrales concentran la diversidad más alta y la mayoría de los endemismos de cactáceas del Cuadrante Tolimán, las cuales se distribuyen principalmente en las regiones de Mesa de León y El Chilar, en los municipios de Cadereyta y Tolimán, respectivamente. La primera de ellas en la cuenca del Río Moctezuma, y la segunda en la del Río Estórax. En el Cuadro 2 se presenta un resumen de las condiciones ambientales predominantes en las áreas correspondientes a los bloques de subcuadrantes.

El análisis canónico de correspondencias (ACC) mostró que del total de variables ambientales incluidas en el modelo, cuatro son las relevantes ($P = 0.01$, de acuerdo con la prueba de permutación de Monte Carlo) que explican 45.7% (en los primeros dos ejes de ACC) de la variación total de los datos de las especies (comunidad) en los subcuadrantes (Fig. 5). Se observa un gradiente de aridez, ubicando en el lado izquierdo del gráfico los subcuadrantes más secos y cálidos, y en el derecho

Cuadro 2. Características ambientales del Cuadrante Tolimán de acuerdo con la clasificación Twinspan.

Bloque	Sub-cuadrantes	Condiciones ambientales
I	1 Santillán, San José de la Laja, La Trinidad y Fuentezuelas, Mpio. Tequisquiapan.	Sierra de Tequisquiapan. Basamento geológico de riolita perteneciente a la provincia fisiográfica Mesa del Centro. Altitud entre 1900 y 2250; temperatura media anual de aproximadamente 18 ºC y precipitación anual de ca. 500 mm.
II	11 Sub-cuadrante Bernal, Mpios. Ezequiel Montes y Tolimán.	Cerro San Martín. Zona de confluencia entre las provincias fisiográficas Mesa del Centro (riolitas) y Sierra Madre Oriental (Caliza). Altitud de 1850 a 2500 m. Temperatura media anual de entre 16 y 18 ºC dependiendo de la altitud, y precipitación anual de ca. 500 mm.
III	2, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 13 Cabeceras municipales de Tequisquiapan, Cadereyta, Qro. y parte de Tecozautla, Hidalgo.	Basamento de rocas volcánicas en la confluencia de las provincias fisiográficas Mesa del Centro y Eje Neovolcánico. Altitud entre 1950 y 2400 m. Temperatura media anual de entre 15 y 18 ºC y precipitación anual de ca. 500 mm.
IV	5, 9, 10, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24 Mesa de León, Cadereyta y El Chilar, Tolimán.	Basamento de roca sedimentaria (caliza del Cretácico Superior). Altitud de entre 1450 y 1900 m, temperatura media anual de 16 a 18 ºC y precipitación anual de menos de 500 mm.
V	14 Sombrerete, Cadereyta.	Laderas y pie de monte de la sierra El Doctor. Basamento de roca caliza del Cretácico Superior, perteneciente a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental; altitud entre 2000 y 2500 m. Temperatura media anual de alrededor de 14 ºC y precipitación anual de ca. 650 mm.
VI, VII, VIII	15, 19, 20 y 25 Altamira, Los Juárez y Maconí, Cadereyta, y San Joaquín, Mpio. San Joaquín.	Sierra El Doctor. Basamento de roca caliza del Cretácico Superior, perteneciente a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental; altitudes entre 2500 y 3050 m s.n.m., Temperatura media anual de aproximadamente 12 ºC y precipitación total anual entre 600 y 1000 mm.

los más húmedos y templados, así como los subcuadrantes asociados a una mayor altitud y un relieve más accidentado.

DISCUSIÓN

Desde una perspectiva fitogeográfica el Semidesierto Queretano se ha reconocido como una región con abundancia de especies endémicas locales, principalmente de afinidad xerófila; por otra parte, se considera que a nivel florístico el Semidesierto

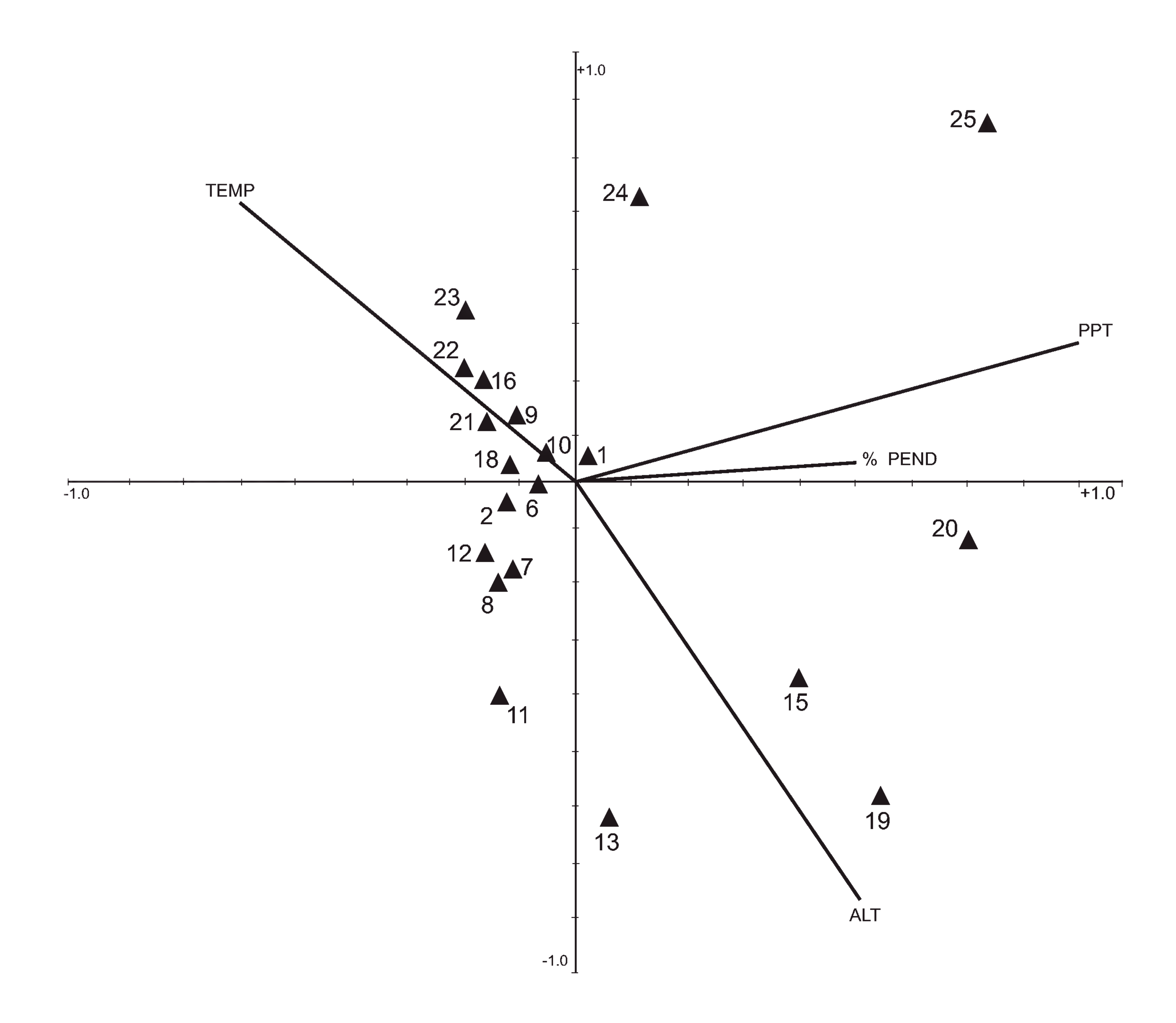


Fig. 5. Análisis canónico de correspondencia (ACC) de las variables ambientales relevantes (vectores: TEMP = temperatura media anual, PPT = precipitación media anual, % PEND = % de pendiente y ALT = altitud) y los subcuadrantes (▲) en el Cuadrante Tolimán.

Queretano y las zonas xerófilas del estado de Hidalgo están estrechamente relacionadas y que en conjunto conforman la Zona Árida Queretano Hidalguense, la cual se ubica en la porción sur extrema del Desierto Chihuahuense (Zamudio, 1984). Sin embargo, se piensa que debido a la disyunción de esta zona con respecto al cuerpo principal de este último (Medellín, 1982), tal aislamiento le confiere un papel de refugio o el carácter de "relictual" para varias especies xerófilas de esta vasta región, y se especula que tales albergues posiblemente se generaron en eventos glaciales del Pleistoceno (Zamudio, 1984), aunque las evidencias fósiles sugieren que probablemente esta discontinuidad espacial se produjo desde el Holoceno (Rzedowski y Calderón de Rzedowski, 1988). También se ha postulado la existencia de refugios de plantas y/o paleoendemismos (Rzedowski, 1966; Medellín, 1982; Zamudio, 1984) en otras regiones del Desierto Chihuahuense. Particularmente se señala el hecho de que esta eco-región posee elementos florísticos que lo hacen sustancialmente diferente de otras grandes regiones secas del territorio mexicano, como el Desierto de Sonora y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Rzedowski, 1973). En este contexto, los estudios previos en la comarca (Zamudio, 1984; Fernández y Colmenero, 1997) señalan la existencia de complejos gradientes ambientales que sustentan mosaicos variados de vegetación en espacios relativamente pequeños, los cuales expresan una alta diversidad de especies, y que en la zona se traduce en una elevada diversidad beta.

Aunque el Cuadrante Tolimán es una delimitación espacial arbitraria y por lo tanto no es una región con fronteras naturales propiamente dichas, sí expresa los principales rasgos florísticos y ambientales del Semidesierto Queretano, de reconocida particularidad biogeográfica (Zamudio, 1984; Zamudio et al., 1992; Scheinvar, 2005). El mayor recambio de especies tiene lugar en las zonas de transición que forman los profundos cañones que integran la cuenca de los ríos Estórax y Moctezuma y las áreas templadas montañosas del macizo El Doctor, fenómeno que se podría atribuir a la afinidad de muchas plantas por áreas cálido-secas por un lado, y por áreas templado-secas y templado-subhúmedas por el otro, así como a los ecotonos resultantes entre ambas condiciones. Por ejemplo, la presencia de los cinturones de niebla que circundan la sierra del Doctor en franjas altitudinales de entre 1000 y 2200 m (Martorell y Ezcurra, 2002) están asociados al matorral submontano, comunidad vegetal ecotonal que se establece entre los matorrales xerófilos y los bosques templados. El matorral submontano es el hábitat de especies amenazadas como *Dasylirion acrotrichum*, *D. longissimum* y de otras de distribución muy restringida y en riesgo de extinción como *Mammillaria herrerae* y *Thelocactus hastifer*. En general, las partes con la mayor diversidad beta en el Cuadrante Tolimán son la que integran un corredor casi perimetral que coincide con la delimitación natural del Semidesierto Queretano en sus

bordes oriente y poniente, pero no en sus límites norte y sur, donde es más extenso. Estas áreas, al igual que las de mayor complementariedad son, en términos de riqueza, las prioritarias para la conservación.

Con el enfoque de complementariedad utilizado se optimizó la selección de sectores para la conservación, dado que a) se identificaron los sitios complementarios que integraron la mayor proporción de especies y b) se redujo el número de subcuadrantes para conservar. Es decir, se conjuntaron simultáneamente las áreas de alta complementariedad y de alta riqueza y endemismo, lo cual determinó los sitios prioritarios para la conservación. Con criterios similares se determinó jerárquicamente el orden de prioridad de los sitios seleccionados para la conservación de las áreas (subcuadrantes) que conforman la región.

Con este procedimiento la selección de áreas para la conservación puede tener mayores posibilidades de ser efectiva, ya que (a) existe una idea clara de hacia dónde dirigir y concentrar los esfuerzos de conservación, y (b) permite identificar a las plantas que marcan la diferencia en los valores de complementariedad, las cuales también pueden considerarse como prioritarias; comúnmente tales especies son las de distribución restringida. Así por ejemplo, en términos espaciales la aplicación de este método en el Cuadrante Tolimán sugiere que con la protección de 990 km^2 (alrededor de 40% del área total) se tendría representado el acervo biológico del Semidesierto Queretano, ya que esta superficie integra las zonas que contribuyen sustancialmente a la diversidad y el endemismo de la región. El método destaca particularmente dos áreas o núcleos de riqueza y endemismo bien definidas: hacia el noroeste (cuenca del Estórax) y el sureste (cuenca del río Moctezuma) del Cuadrante Tolimán.

Dado el esquema observado del índice de área geográfica promedio, el patrón de distribución de la riqueza y el endemismo sugiere que: (a) los sitios con la mayor riqueza florística albergan significativamente más especies endémicas o con áreas de distribución reducida, por lo tanto, la rareza se encuentra anidada en los lugares de mayor diversidad, y (b) el componente endémico a nivel local, más que el regional, es el que genera dicho patrón. Entre los endemismos locales, la contribución más importante está dada por las cactáceas y ocurre un patrón semejante: los subcuadrantes con la mayor diversidad cactológica contienen significativamente más especies raras. Esto implica que la conservación de áreas con elevada rareza de especies o un endemismo alto tendría un mayor impacto en términos de protección regional de la riqueza de especies.

Tanto la complementariedad (diversidad beta) como el índice de área promedio son métodos convergentes que facilitan la selección de zonas prioritarias para

la conservación cuando se busca destacar el endemismo local y regional, pero sin ignorar a los elementos florísticos comunes.

El arreglo espacial de la clasificación de subcuadrantes denota las grandes asociaciones vegetales de la región, las cuales mostraron una gran heterogeneidad, lo que sugiere una variación amplia en la composición de especies, aun en el último proceso divisivo. Este rasgo podría ser indicativo de que a pesar de ser una región predominantemente seca, el gradiente altitudinal recorrido (de 1400 a 3000 m) implica cambios de temperatura y precipitación significativos que se reflejan en la composición específica.

Los subcuadrantes incluidos en un grupo (área) no aparecen muy dispersos o inconexos, de modo que representan áreas más o menos gruesas de vegetación definida que se apegan a lo observado. Por ejemplo, la denominación "matorral xerófilo" incluye al menos cinco variantes de este tipo de vegetación (sensu Zamudio et al., 1992), lo cual encierra una compleja combinación de comunidades y asociaciones, formas de vida y ecotonos relativamente amplios. Una situación semejante de variación se presenta en las comunidades afines a los bosques templados. Finalmente, esta condición se expresa en el inventario registrado, el cual resultó relativamente diferente de otros listados florísticos realizados (Zamudio, 1984; Fernández y Colmenero, 1997; Zamudio et al., 1992).

Para algunas zonas del sur del Desierto Chihuahuense que sustentan una alta riqueza florística (Huerta-Martínez y García-Moya, 2004) y cactológica (Hernández et al., 2001) se ha sugerido que hay una estrecha relación de estos contingentes florísticos con gradientes ambientales, tanto a la escala del paisaje como a la de nivel local (Huerta-Martínez et al., 2004). Sobre el particular, los gradientes detectados con relación a la riqueza florística sugieren que (a) la variación de las comunidades vegetales está dada parcialmente por la heterogeneidad ambiental de la región, (b) los gradientes de precipitación, temperatura y altitud favorecen una gran variedad de condiciones ambientales; por ejemplo, la amplitud del gradiente de aridez se refleja en la presencia de comunidades vegetales que van desde las condiciones xérico-secas (termófilas) hasta las xérico-templadas (mesófilas), y (c) a estas variadas combinaciones de xerófitas se añade el gradiente altitudinal, el cual contribuye notoriamente a la heterogeneidad espacial de la región (por ejemplo, la presencia de profundos cañones en el río Estórax desde 600 m s.n.m. hasta elevaciones mayores de 3000 m en la sierra de El Doctor).

La influencia de la historia natural reciente es un elemento importante a considerar en la florística del Semidesierto Queretano. Por ejemplo, con las Cactaceae se ha argumentado sobre la convergencia de procesos histórico-biogeográficos y

ecológicos para explicar sus patrones de riqueza y endemismo (Hernández y Bárcenas, 1995, Riddle et al., 2000; Hernández et al., 2001). La hipótesis basada en la influencia de los cambios climáticos del Pleistoceno en la conformación actual de la vegetación del Desierto Chihuahuense, incluidas las Cactaceae, es la que mayor atención ha recibido (Hillesheim et al., 2005). Hay evidencias de que la dinámica climática pleistocénica produjo condiciones diversas en los últimos 11,000 años, alternando ciclos secos-cálidos, secos fríos y cálido-húmedos (Ortega-Ramírez et al., 1998; Waters y Vance, 2001; Musgrove et al., 2001), presumiblemente ejerciendo efectos de contracción, extensión y aislamiento geográfico en varios taxa (Hernández y Bárcenas, 1996). Así, con la aplicación del índice de área promedio se reconoció que los endemismos del Cuadrante Tolimán se restringen a áreas muy limitadas, fenómeno que no es raro en el Desierto Chihuahuense (Hernández et al., 2004), pero se desconocen aspectos paleoambientales con alguna implicación en el componente endémico de la región.

En virtud del conocimiento florístico previo acerca del Semidesierto Queretano, cabría esperar que hubiera una correspondencia lógica entre la riqueza de cactáceas y la riqueza de la flora que coexiste con este grupo; sin embargo, este patrón no debe considerarse causal, dado que relaciones semejantes se han observado en otras regiones dentro del Desierto Chihuahuense (Huerta-Martínez y García-Moya, 2004; Martínez-Ávalos y Jurado, 2005; González et al., 2007) y fuera de esta eco-región (Dávila et al., 2002), lo cual sugiere su importancia como elementos para la conservación biológica de las zonas áridas y semiáridas. No obstante esta situación, actualmente el Semidesierto Queretano carece de protección formal y legal. En contraparte, se conoce un número elevado y creciente de factores de perturbación antrópica (minería, obras hidráulicas, disturbio crónico de las comunidades) que podrían tener fuertes impactos negativos sobre la flora que alberga esta región.

AGRADECIMIENTOS

Una parte de este trabajo fue auspiciado a través del proyecto QRO-2003-CO1-10152 -CONACYT-Fondos Mixtos-Gobierno del estado de Querétaro. Las colectas de material vegetal fueron hechas con la autorización de SEMARNAT mediante los permisos FLOR-0100, FLOR 0166, SGPA/DGVS/03337 y SGPA/DGVS/05915. Los árbitros anónimos hicieron importantes sugerencias para la versión final del manuscrito.

LITERATURA CITADA

Anderson, S. 1994. Area and endemism. Quart. Rev. Biol. 69: 451-471.

Anónimo. 1986. Síntesis geográfica, nomenclator y anexo cartográfico del Estado de Querétaro. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F., México. 141 pp.

Anónimo. 2000. Carta de uso de Suelo, escala 1: 250,000 (F1410). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México.

Anónimo. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Secretaría del medio ambiente y recursos naturales, Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010

Argüelles, E., R. Fernández y S. Zamudio. 1991. Listado florístico preliminar del estado de Querétaro. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes II: 155 pp.

Bravo-Hollis, H. 1978. Las cactáceas de México. Tomo I. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 743 pp.

Brown, J. 1995. Macroecology. The University of Chicago Press. Chicago, USA. 284 pp.

Chávez, R., E. Sánchez, M. Hernández, J. G. Hernández-Oria y R. Hernández. 2006. Propagación de especies amenazadas de la familia Cactaceae del Semidesierto Queretano. Bol. Soc. Lat. Car. Cact. Suc. 3(2): 9-13.

Colwell, R. K. y J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Phil Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci. 345: 101-118.

Contreras-Medina, R. 2006. Los métodos de análisis biogeográfico y su aplicación a la distribución de las gimnospermas en México. Interciencia 31: 176-182.

Crovello, Th. J. 1981. Quantitative biogeography: an overview. Taxon 30: 563-575.

Dávila, P., M. Arizmendi, A. Valiente-Banuet, J. L. Villaseñor, A. Casas y R. Lira. 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, México. Biodiv. Cons. 11: 421-442.

Dinerstein, E., D. Olson, J. Atchley, C. Loucks, S. Contreras-Balderas, R. Abell, E. Iñigo, E. Enkerlin, C. E. Williams y G. Castilleja (eds.). 1999. Ecoregion-based conservation in the Chihuahuan Desert: a biological assessment and biodiversity vision. World Wild Fund, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Pronatura A.C. e Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Washington, D.C. USA. 489 pp.

Fernández, R. y J. A. Colmenero. 1997. Notas sobre la vegetación y flora del municipio de San Joaquín, Querétaro, México. Polibotánica 4: 10-36.

Gómez-Hinostrosa, C. y H. M. Hernández. 2000. Diversity, geographical distribution and conservation of Cactaceae in the Mier y Noriega region, Mexico. Biodiv. Cons. 9: 403-418.

González, O., J. Giménez, J. García y R. Aguirre. 2007. Flórula vascular de la sierra de Catorce y territorios adyacentes, San Luis Potosí, México. Acta Bot. Mex. 78: 1-38.

Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 315 pp.

Hernández, H. M. y R. T. Bárcenas. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution patterns. Cons. Biol. 9: 1176-1188.

Hernández, H. M. y R. T. Bárcenas. 1996. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: II. Biogeography and Conservation. Cons. Biol. 10: 1200-1209.

Hernández, H. M., C. Gómez-Hinostrosa y R. T. Bárcenas. 2001. Diversity, spatial arrangement and endemism of Cactaceae in the Huizache area, a hot spot in the Chihuahuan Desert. Biodiv. Cons. 10: 1097-1112.

Hernández, H. M., C. Gómez-Hinostrosa y B. Goettsch. 2004. Checklist of Chihuahuan Desert Cactaceae. Harv. Pap. Bot. 9: 51-68.

Hernández-Oria, J. G., R. Chávez y E. Sánchez. 2007b. Factores de riesgo en las Cactaceae amenazadas de una región semiárida en el sur del Desierto Chihuahuense, México. Interciencia 32: 728-734.

Hillesheim, M., D. Hodell, B. Leyden, M. Brenner, J. Curtis, F. Anselmetti, D. Ariztegui, D. Buck, T. Guilderson, M. Rosenmeier y W. Schnurrenberger. 2005. Climate change in lowland Central America during the late deglacial and early Holocene. J. Quat. Sci. 20: 363-376.

Huerta-Martínez, F. y E. García-Moya. 2004. Diversidad de especies y su relación con el ambiente en un área semiárida del centro de México: implicaciones para la conservación. Interciencia 29: 435-444.

Huerta-Martínez, F., J. A. Vázquez-García, E. García-Moya, L. López-Mata y H. Vaquera-Huerta. 2004. Vegetation ordination at the southern Chihuahuan Desert (San Luis Potosí, México). Plant Ecol. 174: 79-87.

Hunt, D. R. 1999. Cites Cactaceae checklist. Royal Botanic Gardens. Kew, UK. 190 pp.

Jongman, R. H. G, C. J. F. Ter Braak y O. F. R. Van Tongeren. 2000. Data analysis in community and landscape ecology. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 229 pp.

Kovach, W. L. 1999. MVSP-A multivariate statistical package for Windows ver. 3.1. Kovach Computing Services. Pentraeth, UK. 133 pp.

Margules, C. R., A. O. Nicholls y R. L. Pressey. 1988. Selecting networks of reserves to maximise biological diversity. Biol. Cons. 43: 63-76.

Martínez-Ávalos, J. G. y E. Jurado. 2005. Geographic distribution and conservation of Cactaceae from Tamaulipas, Mexico. Biodiv. Cons. 14: 2483-2506.

Martorell, C. y E. Ezcurra. 2002. Rosette scrub occurrence and fog availability in arid mountains of Mexico. J. Veg. Sci. 13: 651-662.

McCune, B. y M. J. Mefford. 1999. PC-Ord: Multivariate analysis of ecological data. Versión 4.2. MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon, USA.

Medellín, F. 1982. The Chihuahuan Desert. In: Bender, G. L. (ed.). Reference handbook on the deserts of North America. Greewood Press. Westport, Connecticut, USA. pp. 321-381.

Méndez-Larios, I., E. Ortiz y J. L. Villaseñor. 2004. Las Magnoliophyta endémicas de la porción xerofítica de la provincia florística del valle de Tehuacán-Cuicatlán, México. An. Inst. Biol. Univ. Nal. Aut. México, Ser. Bot. 75: 87-104.

Méndez-Larios, I., J. L. Villaseñor, R. Lira, J. J. Morrone y E. Ortiz. 2005. Toward the identification of a core zone in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Mexico, based on parsimony analysis of endemicity of flowering plant species. Interciencia 30(5): 267-274.

Musgrove, M., J. Banner, L. Mack, D. Combs, E. James, H. Cheng y L. Edwards. 2001. Geochronology of late Pleistocene to Holocene speleothems from Central Texas: Implications for regional Paleoclimate. Geol. Soc. Am. Bull. 113: 1532-1543.

Ortega-Ramírez, J., A. Valiente-Banuet, J. Urrutia-Fucugauchi, C. Mortera-Gutiérrez y G. Alvarado-Valdez. 1998. Paleoclimatic changes during the Late Pleistocene-Holocene in Laguna Babícora, near the Chihuahuan Desert, México. Can. J. Earth Sci. 35: 1168-1179.

Pressey, R. L., C. J. Humpries, R. Margules, I. Vane-Wright y P. H. Williams. 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. Trends Ecol. Evol. 8: 124-128.

Rapoport, E. H. y A. Monjeau. 2001. Areografía. In: Llorente, J. y J. J. Morrone (eds.). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. México. pp. 23-30.

Riddle, B. R., D. J. Hafner y L. F. Alexander. 2000. Phylogeography and systematics of the *Peromyscus eremicus* species group and the historical biogeography of North American warm regional deserts. Mol. Phyl. Evol. 17: 145-160.

Rzedowski, J. 1966. Vegetación del estado de San Luis Potosí. Acta Cient. Pot. Méx. 5: 1-291.

Rzedowski, J. 1973. Geographical relationship of the flora of Mexican dry regions. In: Graham, A. (ed.). Vegetation and vegetational history of northern Latin America. Elsevier. Amsterdam, Holanda. pp. 61-72.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Bot. Mex. 14: 3-21.

Rzedowski, J. 2005. México como área de origen y diversificación de linajes vegetales. In: Llorente, J. y J. J. Morrone (eds.). Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines. Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. pp. 375-382.

Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1988. Dos nuevas localidades de *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae) en el centro de México y su interés fitogeográfico. Acta Bot. Mex. 1: 7-9.

Sánchez, E., R. Chávez, J. G. Hernández-Oria y M. Hernández. 2006. Especies de Cactaceae prioritarias para la conservación en la zona árida Queretano-Hidalguense. Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro. Querétaro, Querétaro, México. 97 pp.

Sánchez, O. y G. López. 1988. A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. Folia Ent. Mex. 75: 119-145.

Santos, M. y H. Arita. 2002. Priority areas for the conservation of New World nectar-feedingbats. In: Fleming, T. y A. Valiente-Banuet (eds.). Columnar cacti and their mutualists. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona, USA. pp. 342-363.

Scheinvar, L. 2005. Flora cactológica del estado de Querétaro. Fondo de Cultura Económica. México, D.F., México. 390 pp.
Vane-Wright, R., C. Humphries y P. H. Williams. 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. Biol. Cons. 55: 235-254.
Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. Interciencia 28: 160-167.
Villaseñor, J. L. y T. S. Elias. 1995. Análisis de especies endémicas para identificar áreas de protección en Baja California, México. In: Linares, E., P. Dávila, F. Chiang, R. Bye y T. Elias (eds.). Conservación de plantas en peligro de extinción: diferentes enfoques. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. pp. 43-50.
Villaseñor, J. L., G. Ibarra-Manríquez y D. Ocaña. 1998. Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. Cons. Biol. 12: 1066-1075.
Waters, M. y C. Vance. 2001. Late Quaternary arroyo formation and climate change in the American Southwest. Geology 29: 399-402.
Williams, P. H., G. Prance, C. J. Humphries y K. S. Edwards. 1996. A comparison of richness hotspots, rarity hotspots and complementarity areas for conserving diversity of British birds. Cons. Biol. 10: 155-174.
Zamudio, S. 1984. La vegetación de la cuenca del río Estórax y sus relaciones fitogeográficas. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 275 pp.
Zamudio, S., J. Rzedowski, E. Carranza y G. Calderón. 1992. La vegetación en el estado de Querétaro. Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Querétaro. Querétaro, Querétaro, México. 92 pp.

Recibido en octubre de 2009.

Aceptado en enero de 2012.

APÉNDICE

Lista de especies de plantas registradas en el Cuadrante Tolimán. La nomenclatura usada en Cactaceae está de acuerdo con Guzmán et al. (2003), a excepción del género *Stenocactus*, referido según Hunt (1999). El listado se presenta del siguiente modo: la forma de vida (Ar = árbol, ar = arbusto, h = hierba, ep = epífita, r = roseta; para las cactáceas se usaron los tipos morfológicos de Bravo-Hollis (1978): Gt = globosa de tallos hipocotiledonares, g = globosa, Cc = cilíndrica cespitosa, c= cilíndrica, ar = arbustiva, Ab = arborescente, Gc = globosa cespitosa), especie, autor, seguido de una abreviatura en paréntesis y en negritas cuando la especie o subespecie está incluida en alguna categoría de la Norma Oficial Mexicana-ECOL-059 (Anónimo, 2010), señalados de acuerdo con las siguientes notaciones en negritas: **Pr** (sujeta a protección especial), **A** (amenazada), **P** (en peligro de extinción). Después está anotado el número de colecta y en paréntesis el(los) herbario(s) donde fueron depositados: (1) IEB, (2) QMEX, (3) MEXU, (4) Jardín Botánico Regional de Cadereyta. La abreviatura (JB) denota si la especie está representada en las colecciones del Jardín Botánico Regional de Cadereyta. Finalmente, se indica el nivel de endemismo en los taxa que presentan esta particularidad.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
EPHEDRACEAE		
ar *Ephedra compacta* Rose	1280, 12117 (1, 2, 3)	
ar *Ephedra pedunculata* Engelm.	12226, 12150 (2)	
CUPRESSACEAE		
Ar *Juniperus monosperma* var. *gracilis* Mart.	12216 (2)	Sierra Madre Oriental
AGAVACEAE		
ar *Agave americana* L.	JB	
ar *Agave difformis* A. Berger	JB	
ar *Agave filifera* Salm-Dyck	JB	
ar *Agave gentryi* B. Ullrich	JB	
ar *Agave salmiana* Gentry	12127 (1, 2, 3, 4) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
ar *Agave scabra* Ortega	JB	
ar *Agave striata* Zucc. subsp. *falcata* (Engelm.) H. Gentry	JB	
ar *Agave xylonacantha* Salm-Dyck	JB	
Ar *Yucca filifera* Chabaud	JB	
Ar *Yucca queretaroensis* Piña (**Pr**)	JB	

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
AMARYLLIDACEAE		
h *Bravoa geminiflora* La Llave & Lex.	12086 (2, 4)	
ANTHERICACEAE		
r *Anthericum nanum* Baker	12037 (2, 3)	
r *Echeandia flexuosa* Greenm.	12083 (2, 3)	
ARECACEAE		
Ar *Brahea berlandieri* Bartl. (**Pr**)	2209 (2)	
BROMELIACEAE		
h *Hechtia glomerata* Zucc.	JB	
COMMELINACEAE		
h *Gibasis pulchella* (Kunth) Raf.	12071 (1, 2, 3)	
HYACINTHACEAE		
r *Hemiphylacus latifolius* S. Watson	JB	Desierto Chihuahuense, Valle de Tehuacán-Cuicatlán
LILIACEAE		
h *Calochortus barbatus* (Kunth) J.H. Painter	12128 (2)	
NOLINACEAE		
ar *Calibanus hookeri* (Lem.) Trel. (**A**)	JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
ar *Dasylirion acrotrichum* (Schldtl.) Zucc. (**A**)	JB	
ar *Dasylirion longissimum* Lem. (**A**)	JB	
ORCHIDACEAE		
h *Mesadenus polyanthus* (Rchb. f.) Schltr.	12126 (2)	
POACEAE		
h *Stipa ichu* (Ruiz & Pav.) Kunth	12133 (3)	
ACANTHACEAE		
ar *Anisacanthus quadrifidus* (Vahl) Nees	12153 (2)	
ar *Carlowrightia parviflora* (Buckl.) Wassh.	10956, 11319, 12094 (1, 2)	
ANACARDIACEAE		
Ar *Bonetiella anomala* (I.M. Johnst.) Rzed.	12176, 12174 (2)	Desierto Chihuahuense

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
ar *Rhus microphylla* Engelm. ex A. Gray	12102, 12109 (1, 2, 3)	Zonas áridas del Norte de México
APIACEAE		
ar *Arracacia tolucensis* (Kunth) Hemsl.	12069 (1, 2, 3)	
APOCYNACEAE		
ar *Mandevilla foliosa* (Müll. Arg.) Hemsl.	12047 (1, 2, 3)	
ar *Mandevilla syrinx* Woodson	12039 (1, 2, 3)	Vertiente pacífica y centro de México
ASCLEPIADACEAE		
h *Asclepias mexicana* Cav.	12116 (1, 2, 3)	
ar *Matelea chrysantha* (Greenm.) Woodson	12050 (2, 3)	
ASTERACEAE (COMPOSITAE)		
h *Acourtia purpusii* (Brandg.) Reveal & R.M. King.	12156 (2)	
h *Ambrosia psilostachya* DC.	12096 (1, 2, 3)	
ar *Baccharis pteronioides* DC.	12129, 11976, 12015, 12021 (1, 2, 3)	
h *Bahia absinthifolia* subsp. *absinthifolia* Benth.	12155 (1, 3)	
h *Chaptalia nutans* (L.) Polak.	12078 (2)	
h *Chrysactinia mexicana* A. Gray	12139, 12135 (1, 2)	
ar *Coreopsis mutica* DC.	12005 (3)	
h *Dahlia coccinea* Cav.	12070 (1, 2, 3)	
h *Dyscritothamnus mirandae* Paray	12171 (2)	Zona Árida Queretano Hidalguense
h *Eupatorium deltoideum* Jacq.	12184b (2)	
h *Eupatorium espinosarum* A. Gray	12137 (3)	
ar *Flourensia resinosa* (Brandegee) S.F. Blake	JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
Ar *Gochnatia hypolueuca* (DC.) A. Gray	12170 (2)	
h *Gymnosperma glutinosum* (Spreng.) Less.	12173 (2)	
ar *Montanoa tomentosa* Cerv.	12134 (2, 3)	

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
ar *Parthenium incanum* Kunth	12057, 12088 (1, 2, 3)	Desierto Chihuahuense
ar *Perymenium mendezii* DC.	10764, 12048, 12056 (1, 2, 3)	
ar *Pinaropappus roseus* (Less.) Less.	12195 (2)	
ar *Pittocaulon praecox* (Cav.) H. Rob. & Brettell	JB	
h *Sanvitalia ocymoides* DC.	12110 (1, 2, 3)	
h *Sanvitalia procumbens* Lam.	JB	
ar *Senecio albo-lutescens* Sch. Bip.	12060 (3)	
ar *Stevia salicifolia* Cav.	12161 (2)	
ar *Stevia tomentos*a Kunth	12142 (2)	
h *Verbesina encelioides* (Cav.) Benth. & Hook. ex A. Gray	12097 (1, 2, 3)	
h *Verbesina oreopola* Rob. & Greenm.	12118 (1, 2, 3)	
BERBERIDACEAE		
ar *Berberis albicans* Zamudio & Marroquín	12112 (1, 2, 3)	
BORAGINACEAE		
h *Tiquilia purpusii* (Brandegee) A.T. Richardson	12080 (2, 3)	
CACTACEAE		
Gt *Ariocarpus kotschoubeyanus* (Lem.) K. Schum. (**Pr**)	080, 177 (1, 3) JB	Desierto Chihuahuense
g *Astrophytum ornatum* (DC.) Britton & Rose (**A**)	189 (1, 4) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
Cc *Coryphantha erecta* (Lem.) Lem.	202, 224 (3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
c *Coryphantha octacantha* (DC.) Britton & Rose	219, 156 (1, 2, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
g *Coryphantha radians* (DC.) Britton & Rose	104, 205 (3, 4) JB	
ar *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F.M. Knuth	158, 168, 169, 207, 217, 222 (1, 2, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
ar *Cylindropuntia kleiniae* (DC.) F.M. Knuth	154, 160 (1, 2, 3, 4) JB	

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
ar *Cylindropuntia leptocaulis* (DC.) F.M. Knuth	161, 206 (1, 2, 3) JB	
g *Echinocactus grusonii* Hildm. (**P**)	JB	Semidesierto Queretano
g *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (**Pr**)	154, 160 (1, 2, 3, 4) JB	
Cc *Echinocereus cinerascens* (DC.) Rumpler	161, 206 (1, 2, 3, 4) JB	
Cc *Echinocereus pentalophus* (DC.) Lem.	128 (3, 4) JB	
Cc *Echinocereus schmollii* (Weing.) N.P. Taylor (**P**)	125, 126 (3, 4) JB	Semidesierto Queretano
g *Ferocactus echidne* (DC.) Br. & R.	128, 134 (1, 2, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
g *Ferocactus glaucescens* (DC.) Br. & R.	148 (1, 2, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
g *Ferocactus histrix* (DC.) G. E. Linds (**Pr**)	143, 144 (1, 4) JB	
g *Ferocactus latispinus* (Haw.) Britton & Rose	218 (3, 4) JB	
Ab *Isolatocereus dumortieri* (Scheidw.) Backeb.	115, 197, 250 (2, 3, 4) JB	
g *Lophophora diffusa* (Croizat) Bravo (**A**)	182, 200 (1, 3, 4) JB	Semidesierto Queretano
Gc *Mammillaria compressa* subsp. *compressa* (Schum.) Borg.	198 (3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
g *Mammillaria crinita* DC subsp. *crinita*	076, 092, 122 (3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
g *Mammillaria crinita* subsp. *painteri* (Rose ex Quehl) U. Guzmán (**Pr**)	192 (3, 4) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
g *Mammillaria decipiens* subsp. *camptotricha* (Dams) D. R. Hunt	091, 199, 124 (1, 2, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
Cc *Mammillaria elongata* DC.	103, 153, 211, 234, 235, 236 (1, 2, 3) JB	Desierto Chihuahuense
Gc *Mammillaria gracilis* Pfeiff.	097 (3, 4) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
g *Mammillaria herrerae* Werderm. (**P**)	JB	Semidesierto Queretano

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
g *Mammillaria longimamma* DC (**A**)	075, 127, 196 (3, 4) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
g *Mammillaria magnimamma* Haw.	083 (3)	
Cc *Mammillaria microhelia* Werderm. (**Pr**)	073 (1, 3, 4) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
g *Mammillaria muehlenpfordtii* C.F. Föerster	166, 167 (1, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
Gc *Mammillaria parkinsonii* C. Ehrenb. (**Pr**)	107, 190 (3, 4) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
g *Mammillaria perbella* Hildm. ex K. Schum.	210 (3, 4) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
g *Mammillaria polythele* subsp. *durispina* (Boed.) D.R. Hunt	090, 108, 171 (1, 2, 3, 4) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
g *Mammillaria pseudocrucigera* R.T. Craig	178, 102 (3) JB	
g *Mammillaria schiedeana* Ehrenb. subsp. *dumetorum* (J.A. Purpus) D.R. Hunt (**Pr**)	214, 215 (1, 3) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
g *Mammillaria uncinata* Zucc. ex Pfeiff.	086 (1, 2, 3, 4) JB	
Ab *Marginatocereus marginatus* (DC.) Backeb.	142 (3, 4) JB	
Ab *Myrtillocactus geometrizans* (Martius) Console	139, 223, 249 (1, 2, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
c *Neolloydia conoidea* (DC.) Britton & Rose	077, 195 (1, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
ar *Opuntia cantabrigiensis* Lynch.	193, 225 (1, 3, 4) JB	
Ab *Opuntia leucotricha* DC.	164 (2, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
ar *Opuntia microdasys* (Lehm.) Pfeiff.	151, 201, 208 (1, 2, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
ar *Opuntia pubescens* H. L. Wendl. ex Pfeiff.	204, 240 (3)	
ar *Opuntia robusta* H. L. Wendl. ex Pfeiff.	138, 221, 253 (1, 2, 3) JB	
ar *Opuntia stenopetala* Engelm.	152, 172, 191 (1, 2, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
Ab *Opuntia streptacantha* Lem.	175, 233 (1, 3) JB	

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
Ab *Opuntia tomentosa* Salm-Dyck	145, 146, 256, 257 (1, 3, 4) JB	
g *Stenocactus crispatus* (DC.) Berger ex Hill	JB	
g *Stenocactus obvallatus* (DC.) Berger ex Hill	110, 111 (1, 3, 4) JB	
g *Stenocactus sulphureus* (A. Dietri.) Bravo (**Pr**)	JB	Semidesierto Queretano
Ab *Stenocereus griseus* (Haw.) Buxb.	209 (1, 3, 4) JB	
g *Strombocactus disciformis* (DC.) Britton & Rose (**A**)	105, 106 (3, 4) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
c *Thelocactus hastifer* (Werderm. & Boed.) F.M. Knuth (**Pr**)	132, 133, 181, 194 (2, 3, 4) JB	Semidesierto Queretano
c *Thelocactus leucacanthus* (Zucc. ex Pfeiff.) Britton & Rose subsp. *leucacanthus*	082, 140, 157 (2, 3, 4) JB	Desierto Chihuahuense
g *Turbinicarpus pseudomacrochele* subsp. *pseudomacrochele* (Backeb.) Buxb. & Backeb. (**P**)	179, 184, 185, 186 (1, 2, 3, 4) JB	Zona Árida Queretano Hidalguense
CAPRIFOLIACEAE		
ar *Lonicera pilosa* (Kunth) Willd.	12166 (2)	Norte y Centro de México
ar *Symphoriocarpos microphyllus* Kunth	12162 (2)	
CELASTRACEAE		
ar *Mortonia greggii* Gray	12215 (2)	
CISTACEAE		
h *Helianthemum patens* Hemsl.	12224	Altiplano Mexicano
CONVULVULACEAE		
h *Evolvulus prostratus* Rob.	12044 (1, 2, 3)	
h *Ipomoea ciervensis* Painter	12059 (1, 2, 3)	Zona Árida Queretano Hidalguense
e *Ipomoea costellata* Torr.	11327, 11532, 11959, 12106 (1, 2, 3)	

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
Ar *Ipomoea murucoides* Roem. & Schult.	JB	
Ar *Ipomoea rzedowskii* E. Carranza, S. Zamudio & G. Munguía	12175 (2)	Zona Árida Queretano Hidalguense
CORNACEAE		
Ar *Cornus disciflora* DC.	12201 (2)	
CRASSULACEAE		
h *Echeveria rosea* Lindley	12223 (1, 2, 3, 4) JB	
h *Pachyphytum viride* Walther	180 (3, 4) (JB)	Zona Árida Queretano Hidalguense
h *Sedum greggii* Hemsl.	12188 (1, 2, 3, 4) JB	
ERICACEAE		
Ar *Arbutus xalapensis* Kunth	12208 (2)	
ar *Arctostaphylos discolo*r (Hook.) DC.	12157 (2)	
EUPHORBIACEAE		
ar *Croton morifolius* Willd.	12107, 12090, 12007 (1, 2, 3)	
h *Euphorbia antisyphilitica* Zucc.	JB	
h *Euphorbia furcillata* Kunth	12184aa (2)	
ar *Stillingia sanguinolenta* Muell. Arg.	12031 (1, 2, 3)	
FABACEAE		
Ar *Acacia berlandieri* Benth.	12211 (2)	
ar *Acacia farnesiana* (L.) Willd. subsp. *farnesiana*	12205 (2, 4)	
Ar *Acacia reniformis* Benth.	12152 (2, 4)	Zona Árida Queretano Hidalguense
Ar *Acacia roemeriana* Scheele	12178, 12183 (2)	
ar *Astragalus hypoleucus* Schauer	12079 (3)	
Ar *Bauhinia ramosissima* Benth.	12113 (1, 2, 3)	
ar *Calliandra grandiflora* (L' Hér.) Benth.	12051 (2)	
h *Crotalaria rotundifolia* (Walt.) Gmelin var. *vulgaris* Windler	12199 (2)	
ar *Dalea zimapanica* Schauer	12124 (1, 2, 3)	

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
ar *Desmodium orbiculare* Schldl.	12145 (2, 3)	
Ar *Diphysa suberosa* S. Watson	12089, 12100 (1, 2, 3)	
Ar *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg.	12077 (1, 2, 3)	
Ar *Harpalyce arborescens* A. Gray	12222, 12121 (2)	
ar *Hoffmanseggia arida* Ros.	12052 (1, 2, 3)	
Ar *Indigofera suffruticosa* Mill.	12092, 12184 (1, 2, 3)	
Ar *Leucaena cuspidata* Standley	12229, 12158 (2)	
h *Lupinus* aff. *elegans* H.B.K.	12194 (2)	
h *Lupinus* aff. *exaltatus* Zucc.	11139 (2)	
Ar *Lysiloma microphyllum* Benth.	12151 (2)	
ar *Mimosa aculeaticarpa* Ortega	12067, 12120 (1, 2, 3)	
ar *Mimosa leucaenoides* Benth.	12221, 12219, 12210 (2)	
h *Phaseolus acutifolius* A. Gray	12038, 12111 (1, 2, 3)	
h *Phaseolus atropurpurens* DC.	12098 (1, 2)	
ar *Pithecellobium revolutum* Rose.	12085 (1, 2, 3)	
Ar *Sophora secundiflora* Lag. ex DC.	12225 (2)	
ar *Tephrosia leucantha* Kunth	12033 (1, 2, 3)	
h *Vicia humilis* Kunth	12163 (2)	
FAGACEAE		
Ar *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl.	10846 (2)	
Ar *Quercus dysophylla* Benth.	12061 (1, 2, 3)	
Ar *Quercus glaucoides* Mart. & Gal.	10725 (2, 3)	
Ar *Quercus greggii* (A. DC.) Trel.	12167 (2)	
Ar *Quercus grisea* Liebm.	12054 (2, 3)	
Ar *Quercus mexicana* Humb. & Bonpl.	12168, 12160 (2)	
Ar *Quercus obtusata* Humb. & Bonpl.	10849 (2)	
Ar *Quercus polymorpha* Schltdl. & Cham.	12217, 12196 (2)	
Ar *Quercus pulchella* Cham. & Schldl.	12055 (1, 2, 3)	

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
FLACOURTIACEAE		
ar *Neopringlea integrifolia* (Hemsl.) S. Watson	2114, 12146 (1, 2, 3)	Parte alta de la cuenca del Pánuco
FOUQUIERIACEAE		
ar *Fouquieria splendens* Engelm. subsp. *breviflora* Henr.	JB	Zonas áridas del Altiplano
GARRYACEAE		
ar *Garrya ovata* Benth.	12162 (2)	Desierto Chihuahuense
GENTIANACEAE		
h *Centaurium quitense* (Kunth) Rob.	12006, 12191 (2, 3)	
h *Geniostemon coulteri* Engelm. & A. Gray	12212 (2)	Zona Árida Queretano Hidalguense
h *Gentiana spathacea* Kunth **(Pr)**	12190, 12165 (2)	Sierra Madre Oriental y Sierra Madre Occidental
KRAMERIACEAE		
ar *Krameria cytisoides* Cav.	12068 (1, 2, 3)	Desierto Chihuahuense
LAMIACEAE (LABIATAE)		
ar *Hyptis albida* Kunth	12218 (2)	
ar *Poliomintha marifolia* Benth.	12172, 12220, 12075 (2)	
h *Salvia candicans* Mart. & Gal.	12154, 12119 (1, 2, 3)	
h *Salvia connivens* Epling	121408 (2, 3)	
ar *Salvia keerlii* Benth.	12141, 12138 (2, 3)	
h *Salvia regla* Cav.	12132 (1, 2, 3)	
h *Salvia riparia* Kunth	12180 (2)	
h *Scutellaria caerulea* Moc. & Sessé ex Benth.	12073 (2, 3)	
h *Teucrium cubense* Jacq..	12207 (2)	
LAURACEAE		
Ar *Litsea glaucescens* Kunth (**P**)	12164 (2)	
LOASACEAE		
h *Cevallia sinuata* Lag.	12125 (1, 2, 3)	Desierto Chihuahuense

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
LORANTACEAE		
e *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler	12108 (1, 2, 3)	
e *Psittacanthus calyculatus* (DC.) G. Don	12184a (2)	
MALPIGHIACEAE		
ar *Galphimia glauca* Cav.	12091 (1, 3)	
MALVACEAE		
h *Malvastrum americanum* (L.) Torrey	12099 (1, 2, 3)	
OLEACEAE		
ar *Forestiera phillyreoides* (Benth.) Torrey	12062 (1, 2, 3)	
h *Menodora helianthemoides* Humb. & Bonpl.	12104 (1, 2)	
h *Menodora coulteri* A. Gray	10615 (2)	
PASSIFLORACEAE		
h *Passiflora bryoniodes* Kunth	12049 (2, 3)	
h *Passiflora subpeltata* Ort.	12189 (2)	
PHYTOLACACEAE		
ar *Phytolacca icosandra* L.	12058 (1, 2, 3)	
PIPERACEAE		
h *Peperomia cumpylotropa* Hill.	10308, 11817 (1, 2, 3, 4) JB	
POLYGALACEAE		
h *Polygala compacta* Rose	12213, 12034, 12123 (1, 2, 3)	
PRIMULACEAE		
h *Samolus ebracteatus* Kunth	12169 (2)	
PTEROSTEMONACEAE		
ar *Pterostemon mexicanus* Schauer	12122 (1, 3)	Zona Árida Queretano Hidalguense
RAFFLESIACEAE		
h *Pilostyles thurberi* A. Gray	12043, 12028, 12063 (1, 2, 3)	
RHAMNACEAE		
ar *Ceanothus caeruleus* Lag.	12204 (2)	

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
ar *Karwinskia humboldtiana* Roem. & Schult.	12147 (2)	
ROSACEAE		
Ar *Cercocarpus macrophyllus* Schneid.	12200, 12185 (2)	Endémica de México
RUBIACEAE		
ar *Cigarrilla mexicana* (Zucc. & Mart.) Aiello	12227, 12149, 12181 (2)	Zona Árida Queretano Hidalguense
h *Houstonia rubra* Cav.	12074 (2, 3)	
Ar *Randia capitata* Sessé & Moc. ex DC.	12084 (2, 3)	
SAPINDACEAE		
ar *Cardiospermum halicacabum* L.	12046 (1, 2, 3)	
SCROPHULARIACEAE		
h *Hemichaena coulteri* A. Gray	12214 (2)	
h *Lamouroxia dasyantha* (Cham. & Schl.)	12131 (1, 2, 3)	
h *Mimulus glabratus* Kunth	12187 (2)	
h *Russelia polyedra* Zucc.	12072 (1, 2, 3)	
SOLANACEAE		
ar *Capsicum annuum* var. *aviculare* (Dierb.) D´Arcy & Eshbaugh	11558, 12130, 12093 (1, 2, 3)	
h *Leptoglossis coulteri* A. Gray	12076, 12105 (1, 2, 3)	
h *Solanum tridynamum* Dunal.	9957, 11939 (1, 2, 3)	
STERCULACEAE		
ar *Ayenia rotundifolia* Hemsl.	12101 (1, 2)	Zona Árida Queretano Hidalguense
THEACEAE		
Ar *Ternstroemia sylvatica* Schdl. & Cham.	12202 (2)	Sierra Madre Oriental
TURNERACEAE		
h *Turnera diffusa* Willd. ex Schult.	12103 (2)	
ULMACEAE		
Ar *Celtis caudata* Planch.	12179, 12027 (1, 2, 3)	
Ar *Celtis* aff. *iguanaea* (Jacq.) Sarg.	11340, 12029 (1, 2, 3)	

Apéndice. Continuación.

TAXON	Núm. de colecta	Amplitud geográfica
VALERIANACEAE		
h *Valeriana subincisa* Benth.	12203 (2)	
VERBENACEAE		
ar *Citharexylum altamiranum* Greenm.	12144 (2, 3)	Altiplano mexicano
ar *Citharexylum lycioides* D. Don	12026 (1, 2, 3)	Altiplano mexicano
ar *Citharexylum oleinum* Moldenke	12159, 12136, 12032 (1, 2, 3)	Sierra Madre Oriental
ar *Lantana camara* L.	12045 (1, 2, 3)	

NORMAS EDITORIALES E INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

Acta Botanica Mexicana es una publicación del Instituto de Ecología, A.C. que aparece cuatro veces al año. Da a conocer trabajos originales e inéditos sobre temas botánicos y en particular los relacionados con plantas mexicanas. Todo artículo que se presente para su publicación deberá dirigirse al Comité Editorial de *Acta Botanica Mexicana*, en el entendido de que todos los autores están de acuerdo en su publicación; las contribuciones deberán ser originales e inéditas y no haber sido publicadas ni enviadas simultáneamente a otra revista para su publicación. Los artículos serán evaluados por pares, en principio los árbitros mantendrán su anonimato. Toda contribución deberá ajustarse a las siguientes normas e instrucciones.

NORMAS

Principalmente se publicarán artículos escritos en español, aceptándose cierta proporción de trabajos redactados en inglés, francés o portugués. Todo trabajo recibido por el Comité Editorial merecerá un inmediato acuse de recibo.

El Comité Editorial considerará, en primera instancia, la presentación y el estilo del artículo. Posteriormente será sometido a un sistema de arbitraje por pares. En el referéndum participarán dos científicos especialistas en el tema, cuyas opiniones serán consideradas para la aceptación del trabajo. En caso de divergencia entre los árbitros, el artículo y las opiniones serán presentadas a un tercer revisor. Cuando el trabajo haya sido aceptado, el manuscrito con los dictámenes de los revisores se enviará a los autores para realizar las modificaciones pertinentes. Si la versión corregida no fuera devuelta en los seis meses posteriores a la recepción de la revisión se considerará que el trabajo ha sido retirado para su publicación. La decisión final sobre la aceptación de un trabajo corresponderá al propio Comité Editorial, tomando en cuenta las opiniones de los revisores.

El orden de publicación atenderá a las fechas de recepción y aceptación del trabajo. La fecha de recepción corresponde a la versión que cumple con los requerimientos de presentación y estilo solicitados por la revista. Cuando el trabajo sea aceptado para su publicación, el autor principal será notificado por escrito del número de revista en el que aparecerá y los costos derivados del derecho de página y compra de sobretiros.

No se aceptarán trabajos que, pudiendo integrarse como unidad, sean presentados por separado en forma de pequeñas contribuciones o notas numeradas. Asimismo, no serán aceptadas contribuciones preliminares o inconclusas, que sean factibles de terminar a mediano o corto plazos. Todo trabajo rechazado para su publicación no será aceptado con posterioridad.

INSTRUCCIONES

Enviar el escrito, incluyendo las imágenes y cuadros, en versión electrónica (en formato Word o RTF). La versión impresa puede ser enviada, pero no es indispensable. Las imágenes (ilustraciones en dibujo de línea, fotografías, gráficas y mapas), además deberán enviarse como archivos separados del documento de texto; en su presentación considere el formato de la revista. Los originales eventualmente pueden ser requeridos en cualquier etapa del proceso editorial.

El texto deberá ir a doble espacio, con letra de 12 puntos, en tamaño carta (21.5 x 28 cm), con márgenes de 3 cm, numeradas consecutivamente desde los resúmenes hasta la literatura citada. La carátula incluirá el título en español y en inglés, el nombre completo del autor o autores, créditos institucionales, dirección postal y electrónica. Favor de especificar el autor de contacto. Las leyendas

de las ilustraciones se concentrarán todas en secuencia numérica en una (o varias) hojas por separado. La ubicación aproximada de cada figura deberá señalarse en el texto, anotando el número de figura en el margen izquierdo.

El texto debe incluir un resumen en el idioma en el que está escrito y/o en español, con una extensión proporcional a la del trabajo. Si el artículo está escrito en inglés, francés o portugués, se recomienda un amplio resumen en español.

Los dibujos de línea y las fotografías deberán tener resoluciones mínimas de 600 y 300 dpi respectivamente y guardarse con la extensión .tiff. Las gráficas y mapas generados en programas de análisis estadístico o sistemas de información geográfica, deberán entregarse en los formatos eps o pdf; si se incluyen gráficas en Excel, deberán también presentarse en el mismo formato de este programa. La publicación de imágenes en color implica un costo adicional; se recomienda agruparlas en láminas, evitando su presentación en forma aislada.

Para consignar las referencias bibliográficas en el texto se empleará el estilo Harvard. En el apartado de Literatura Citada las citas se presentarán en orden alfabético, según las primeras letras del apellido del primer autor. Todas las referencias en el texto deberán aparecer en esta sección y viceversa.

Cada componente de una cita, según se trate de un artículo, libro, tesis, etc., se separará con un punto. El orden de dichos componentes es en el caso de artículos: autor(es), año de publicación, título del artículo, nombre abreviado de la revista, volumen y páginas (separando volumen de página con dos puntos); en el de libros: autor(es), año, título, nombre del editor (si existe), número de la edición (si no es la primera), nombre y ubicación de la editorial (Ed.) o de la Institución donde se imprimió la obra y paginación total o específica si sólo se consultó parte de la obra. Para las referencias electrónicas se sigue el patrón básico de un libro, incluyendo la dirección en internet y la fecha de consulta.

Todo trabajo de tipo taxonómico deberá ajustarse a la última edición del Código Internacional de Nomenclatura Botánica.

La contribución deberá estar redactada y escrita correctamente y sin errores. Se sugiere que el borrador del artículo se someta a la lectura de por lo menos dos personas con experiencia en la redacción de trabajos similares. Para cualquier duda referente a la presentación de los escritos consulte la página de la revista: http://www1.inecol.edu.mx/abm

COSTOS DE PUBLICACIÓN Y SOBRETIROS

El Instituto de Ecología no pretende lucrar con la publicación de *Acta Botanica Mexicana*; a través de la solicitud de una contribución institucional para el financiamiento de cada publicación, sólo trata de recuperar una parte de los gastos derivados de dicha actividad.

La cuota por concepto de derecho de página es de $20.00 para México y $ 16.00 u.s.d. para el extranjero, quedando sujeta a cambios posteriores acordes con el aumento de los costos de impresión y relativos. El monto de la contribución se indicará junto con la aceptación definitiva del trabajo, de manera que el autor disponga de tiempo para tramitar esta ayuda.

Se obsequiarán a los autores 25 sobretiros por artículo. Si se desean sobretiros adicionales éstos se cobrarán al costo de impresión de los mismos. Al devolver a los editores las pruebas de plana corregidas, cada autor deberá incluir el importe determinado para la publicación de su trabajo y de los sobretiros extras solicitados.

Enviar correspondencia a: *Acta Botanica Mexicana*. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Apartado postal 386, Ave. Lázaro Cárdenas 253, C.P. 61600 Pátzcuaro, Michoacán.
correo electrónico: rosamaria.murillo@inecol.edu.mx

Acta Botanica Mexicana Núm. 99
consta de 500 ejemplares y fue impresa en la
Imprenta Tavera Hermanos, S.A. de C.V.
Av. Lázaro Cárdenas Núm. 3052
Morelia, Mich.
el mes de abril de 2012



Toda correspondencia referente a suscripción, adquisición de números o canje, debe dirigirse a:

Acta Botanica Mexicana
Instituto de Ecología, A. C.
Centro Regional del Bajío
Apartado postal 386
61600 Pátzcuaro, Michoacán, México
rosamaria.murillo@inecol.edu.mx
Suscripción anual: México $300.00 Extranjero $30.00 U.S.D.

Acta Botanica Mexicana es una publicación trimestral, abril 2012. Editor responsable: Jerzy Rzedowski Rotter. Composición tipográfica: Damián Piña Bedolla. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2004-0719192751000-102. Número de Certificado de Licitud de título: 13454. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 11027. Domicilio de la publicación: Ave. Lázaro Cárdenas 253, 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México. Tel. (434) 3 42 26 98. Imprenta: Imprenta Tavera Hermanos, S.A. de C.V. Ave. Lázaro Cárdenas 3052, Col. Chapultepec Sur, 58260 Morelia, Michoacán, México. Distribuidor: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Ave. Lázaro Cárdenas 253, apdo. postal 386, 61600 Pátzcuaro, Michoacán, México. http://www1.inecol.edu.mx/abm



CONTENIDO